

VISIT...

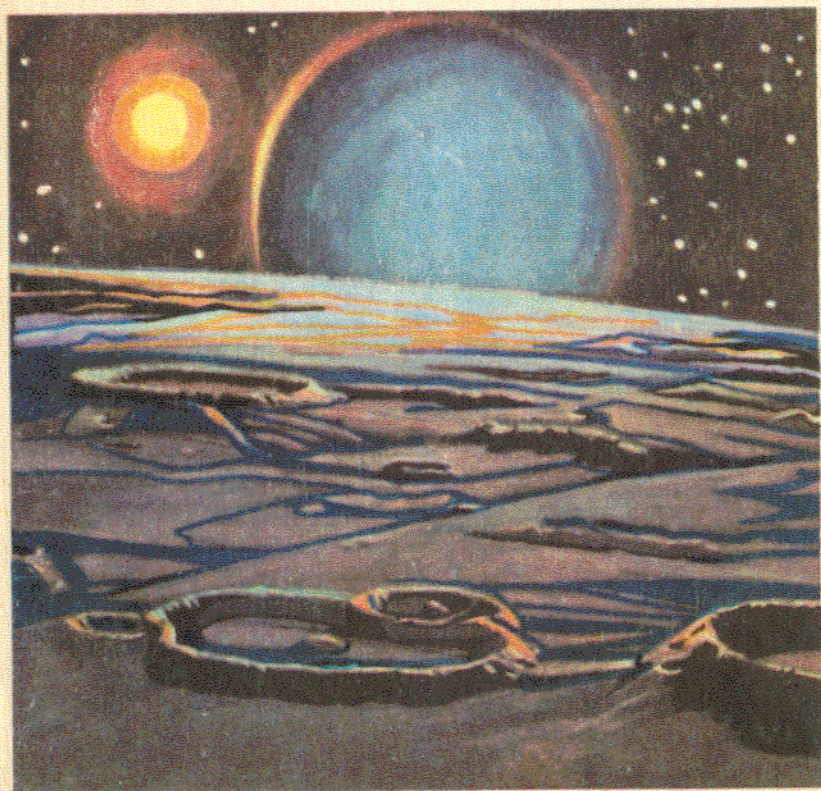
LANZAROTE
Caliente.COM

52
3-59

МР И знаний

Ф.Ю.ЗИГЕЛЬ

Лунные горизонты



Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

Лунные горизонты

*Книга для внеклассного чтения
8—10 классы*

W 8289

Зигель Ф. Ю.

- 3-59 Лунные горизонты. Книга для внеклассного чтения. 8—10 кл. М., «Просвещение», 1976.
127 с. с ил. (Мир знаний).

В книге увлекательно рассказывается о движении Луны, ее происхождении и природе, о перспективах ее освоения средствами космонавтики.

З $\frac{60601-598}{163(03)-76}$ 269-76

52

© Издательство «Просвещение», 1976 г.

ВСЕ ПУТИ ВЕДУТ К ЛУНЕ

Герои и смельчаки проложат первые трассы: Земля — орбита Луны, Земля — орбита Марса и еще далее: Москва — Луна, Калуга — Марс.

К. Э. Циплюковский

Луны могло бы и не быть. У других планет Солнечной системы или вовсе нет спутников, или эти спутники как по массе, так и по размерам несравнимо меньше своих планет. Система Земля — Луна в этом отношении уникальна. По существу это двойная планета, и Луна лишь немного «не дотянула» до той массы, при которой небесное тело может иметь стабильную атмосферу. Но как бы там ни было, мы до сих пор не можем понять, откуда на околоземной орбите взялась Луна. Отделилась ли она от Земли, сформировалась ли из какого-то космического материала по соседству с нашей планетой, или, наконец, пришла к нам из глубины космоса — Луна своей уникальностью и многими своими загадками бросает вызов человеческой любознательности. Но хотя изучение Луны длится уже несколько веков, мы еще далеки от полного понимания лунного мира, его природы и происхождения.

Освоение космоса не временное увлечение человечества, а неизбежный этап в его эволюции. В процессе социального и экономического развития, вовлекая в производство все большие и большие количества вещества и энергии, человечество уже начало успешную разведку ближнего космоса. Естественно, что первым объектом разведки стала Луна — ближайшее к Земле небесное тело. Еще в 1946 г. человек впервые «дотронулся» до Луны радиолучом — я имею в виду радиолокацию Луны, выполненную советскими академиком Л. И. Мандельштамом и Н. Д. Папалекси. Это

событие и хронологически и логически предшествовало тому незабываемому событию, которое произошло 14 сентября 1959 г. В этот день советская межпланетная станция «Луна-2» впервые достигла поверхности соседнего небесного тела, оставив на нем выпел Советского Союза.

Первый облет Луны с фотографированием ее невидимого полушария («Луна-3», октябрь 1959 г.), первая мягкая посадка на ее поверхность («Луна-9», январь 1966 г.), первый искусственный спутник Луны («Луна-10», март 1966 г.) — вот лишь некоторые вехи начала разведки лунного мира. В последующие годы на Луне побывало 12 землян — американских космонавтов, выполнявших программу «Аполлон». После того как «Луна-16» (сентябрь 1970 г.) и «Луна-20» (февраль 1972 г.) слетали на Луну и доставили затем в земные лаборатории образцы лунных пород, стало ясно, что лунные автоматы не уступают космонавтам (при меньших затратах и без риска для жизни).

Появление первых роботов в соседнем мире («Лунохода-1» в ноябре 1970 г. и «Лунохода-2» в январе 1973 г.) показало, что лунные автоматы могут быть весьма мобильными. Делая поправку на время и прогресс, можно полагать, что такие аппараты будут выполнять почти все те же операции, что и в будущем и космонавты.

Мы не собираемся заселять Луну автоматами, даже самыми совершенными. Относительно крупные размеры Луны (обстоятельство, повторяем, случайное, если угодно, неожиданный подарок природы) располагают человечество к ее заселению. Мечтами об этом, чередующимися с фантастическими проектами, большей частью несбыточными, отмечена вся история человечества. В сущности и древние представления о селенитах, коренных жителях Луны, выражали убежденность в земноподобности соседнего мира, в принципиальной возможности заселения ее человечеством.

Циолковский впервые поставил все эти мечты на реальную почву космонавтики. Его идеи во многом сходны с современными перспективными планами освоения Луны, в которые будущее, разумеется, внесет свои коррективы. Но главная идея этих планов бесспорна — Луна со временем станет своеобразным филиалом Земли, местом приложения творческих усилий человека, первым небесным телом, на котором развернется производственная деятельность человечества.

Эта книга рассказывает о природе Луны по современным данным, ее загадках и перспективах освоения соседнего мира. Наряду с бесспорными фактами в книге есть и кое-что спорное, гипотетическое. Но лучше осознать суть нерешенной проблемы, чем делать вид, что все ясно и не требует объяснений. Диапазон рассматриваемых вопросов очень широк — от лунных фаз до лунных жилищ. Мир Луны удивительно интересен, и автор надеется, что, прочитав эту книгу, многие сами захотят познакомиться с достопримечательностями Луны.

Автор выражает глубокую благодарность кандидатам физ.-мат. наук К. Б. Шингаревой и Е. К. Страуту, чьи замечания существенно способствовали улучшению первоначального варианта рукописи.

НАШ СПУТНИК

Лунный свет был первым лучом в познании неба. Луна — еще не небо, но уже и не Земля. Кроткое светило ночей является первой станцией при путешествии в бесконечность.

К. Фламмарин

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

Младенец часто тянется ручонками к предметам, явно для него недостижимым. Правильное восприятие пространства приходит с возрастом.

Первобытный человек, подобно младенцу, не ощущал несобъятности окружающего его мироздания. Луна и Солнце казались ему предметами одинакового размера и видимое он принимал за истинное. Расстояние до всех небесных светил представлялось ему одинаковым, и обманчивый облик небосвода породил у древних звездочетов ошибочное представление о небесной тверди, окружающей со всех сторон Землю.

Первая попытка определить расстояние до Луны была предпринята крупнейшим астрономом древнего мира Гиппархом (190—125 гг. до н. э.). По относительной продолжительности последовательных фаз лунного затмения Гиппарх нашел, что расстояние Земля — Луна изменяется в пределах от 62 до 74 земных радиусов. Метод Гиппарха не отличался точностью — на самом деле расстояние от Земли до Луны меняется в пределах от 56 до 64 земных радиусов. Но все же порядок этой величины был оценен правильно, и благодаря Гиппарху человечество впервые почувствовало, как далеки от Земли небесные тела.

Более совершенный способ определения космических расстояний основан на измерении так называемого параллактического смещения. Идея этого способа проста. Поместите указательный палец перед своим лицом и посмо-

трите на него попеременно то правым, то левым глазом — палец заметно смещается на фоне более далеких предметов. Это кажущееся смещение предмета при переходе от одной точки наблюдения к другой и называется **параллактическим смещением**. Расстояние же между точками, из которых наблюдается предмет, называется **базисом**. Проверьте: чем дальше вы отводите палец от лица, тем меньше (при одном и том же базисе!) его параллактическое смещение. Легко сообразить, что с увеличением базиса растет и параллактическое смещение данного предмета. Следовательно, зная размеры базиса и измерив параллактическое смещение (или, как иначе говорят, **параллакс**) недоступного предмета, можно вычислить расстояние от него до наблюдателя.

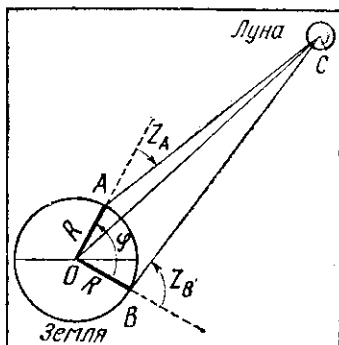


Рис. 1. Определение расстояния до Луны.

Впервые параллакс Луны был измерен лишь в 1752 г., когда и телескопы и микрометры, измеряющие угловые расстояния на небесной сфере, стали достаточно совершенными. Лаланд и Лакайль, два известных французских астронома, одновременно наблюдали Луну из двух обсерваторий. Расстояние между ними (базис) было значительным (рис. 1). Одна из обсерваторий находилась в Берлине (точка А), другая на Мысе Доброй Надежды (точка В). Астрономы измерили углы Z_A и Z_B — так называемые **зенитные расстояния**. Угол ϕ между радиусами Земли, проведенными в пункты наблюдения, равен разности географических широт этих пунктов. Так как величина земного радиуса R была известна, в четырехугольнике $OBСA$ осталось вычислить большую диагональ OC , равную расстоянию между центрами Земли и Луны, — задача, доступная школьникам старших классов.

Метод, примененный впервые Лаландом и Лакайлем, позже использовался и другими астрономами. Оказалось, что среднее расстояние между центрами Земли и Луны равно 384 400 км, что почти в 30 раз больше земного поперечника. Радиолокация Луны позволила вычислить это расстояние

с точностью до 1 км, а с помощью лазера расстояние до Луны определили с ошибкой, не превышающей доли метра.

Зная расстояние d до Луны, легко найти ее размеры (рис. 2). Для этого достаточно измерить видимый угловой поперечник Луны ($31'$). Тогда радиус Луны r определяется по очевидной формуле $r = d \sin \alpha$, где α — угловой радиус Луны (около $15'$).

Луна значительно меньше Земли. Ее поперечник (3476 км) почти вчетверо меньше земного, а по объему земной шар в 49 раз превосходит лунный. Это означает, что площадь поверхности Луны почти в 14 раз меньше общей площади земной поверхности. Иначе говоря, вся поверхность Луны по площади близка к поверхности обеих Америк — Северной и Южной.

Небольшие размеры Луны и, как следствие, значительная искривленность ее поверхности сужают радиус видимого горизонта. Космонавтов, оказавшихся на Луне, поражала непривычная близость горизонта — расстояние до предметов на лунном горизонте не превышало 2,5 км (что почти вдвое меньше радиуса видимого горизонта на Земле). Разумеется, с подъемом на какую-нибудь лунную гору радиус лунного горизонта расширяется. С другой стороны, далекие, но высокие лунные горы могут казаться космонавту на Луне высывающимися из-за горизонта.

Массу Луны можно определить по влиянию Луны на движение Земли вокруг Солнца. Строго говоря, вскруг

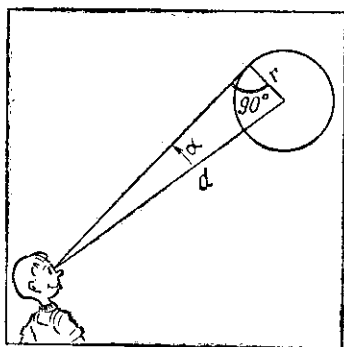


Рис. 2. Определение размеров Луны.

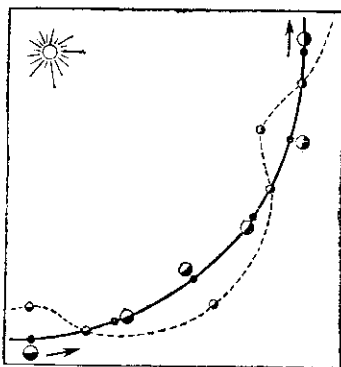


Рис. 3. Движение Луны вокруг Солнца. Орбита Луны изображена пунктиром.

Солнца по эллипсу, называемому земной орбитой, обращается не Земля, а центр тяжести системы Земля — Луна. Он лежит внутри земного шара на расстоянии 4635 км от центра Земли, и потому на рисунке 3 движение нашей планеты для наглядности изображено в увеличенном виде.

Легко сообразить, что отклонение центра Земли от эллипса земной орбиты зависит от массы Луны. Чем меньше эта масса, тем меньше отклонение. При равенстве масс Луны и Земли центр тяжести системы Земля — Луна помещался бы точно посередине между этими двумя телами и тогда было бы неясно, какое из тел считать основным, а какое — его спутником. Подобный случай наблюдается в системах некоторых двойных звезд. В системе же Земля — Луна отклонения Земли от строго эллиптического движения невелики, но именно эти отклонения и позволяют вычислить массу нашего естественного спутника.

По массе Луна в 81 раз меньше Земли — ее масса равна $7,33 \cdot 10^{25}$ г, тогда как масса нашей планеты $5,98 \cdot 10^{27}$ г. Зная объем Луны и ее массу, нетрудно подсчитать, что средняя плотность Луны $3,33 \text{ г/см}^3$ (что значительно меньше средней плотности Земли — $5,52 \text{ г/см}^3$). О возможных причинах этого факта будет сказано ниже.

Обозначим буквой a ускорение свободного падения на поверхности Луны, M — ее массу, r — радиус, а f — постоянную тяготения. Тогда вес тела массы m , лежащего на поверхности Луны, определяется формулой: $ma = f \frac{Mm}{r^2}$, откуда

$$a = f \frac{M}{r^2} \approx 1,6 \frac{m}{\text{сек}^2}.$$

Как известно, ускорение свободного падения на поверхности Земли равно $g \approx 9,8 \text{ м/сек}^2$. Следовательно, сила тяжести на Луне почти в 6 раз меньше, чем на Земле, и космонавт, весящий на Земле 900 н, очутившись на лунной поверхности, стал бы весить всего 150 н. Так как при этом мускульная сила остается прежней, космонавты на Луне должны чувствовать себя в соседнем мире существами гораздо более могучими, чем у себя на планете. Практически, однако, это не совсем так — сказывается вес скафандра и всякие неудобства, связанные с перемещением в этом далеком не пзящом костюме.

Для каждого небесного тела можно вычислить критическую скорость u_k , т. е. минимальную скорость, при

которой любой предмет навсегда покинет данное небесное тело, удалившись от него по параболе. Критическая скорость вычисляется по формуле:

$$v_k = \sqrt{2ar},$$

где r — радиус небесного тела, а a — ускорение свободного падения на его поверхности. Для Луны критическая скорость равна 2,4 км/сек, что почти в пять раз меньше критической скорости для Земли (11,2 км/сек). Это обстоятельство во многом определило эволюцию Луны — наша небесная соседка не имеет вокруг себя атмосферы.

Как известно, в любой массе газа (в частности, в атмосфере планеты) составляющие его молекулы движутся с различными скоростями. Эти скорости при непрерывных соударениях молекул меняются и по величине и по направлению. Некоторые из молекул газа могут при этом достичь скоростей, превышающих критическую, — тогда они навсегда покидают планету.

Эти хаотические скорости молекул различны. Но для данной температуры есть так называемая средняя квадратичная скорость v_c , с которой движется подавляющее большинство молекул газа. Чем значительнее отклонение скорости от v_c , тем меньше молекул, которые обладают этой скоростью. С возрастанием температуры газа v_c увеличивается, с понижением температуры, наоборот, уменьшается.

В теории диссипации (рассеяния) планетных атмосфер доказывается, что если $v_c > \frac{1}{5} v_k$ (где v_k — критическая скорость для данной планеты), то атмосфера планеты полностью рассеивается за астрономически короткие сроки. Наоборот, при $v_c \ll \frac{1}{5} v_k$ планета может обладать стабильной атмосферой.

При 0°С средние квадратичные скорости в километрах в секунду молекул разных газов таковы: водород 1,8, гелий 1,3, водяной пар 0,6, азот и кислород 0,5, углекислый газ 0,4. Для Луны $\frac{1}{5} v_k$ составляет 0,48 км/сек. Казалось бы, атмосфера из углекислого газа вокруг Луны могла бы существовать. Но приведенные выше значения скоростей верны для температуры 0°С. Днем же на Луне температура повышается до +130°С, и вычисленные по теоретическим

формулам v_k будут на 20% выше. Отсюда следует, что Луна на современной орбите не может удержаться вокруг себя стабильную атмосферу.

Теоретические выводы полностью подтверждаются наблюдениями. Все попытки обнаружить лунную атмосферу (а они предпринимались еще со времен Галилея) привели к отрицательным результатам. Доказано, что если вокруг Луны и есть атмосфера, то ее плотность по меньшей мере в миллиарды раз меньше плотности комнатного воздуха. Практически это означает, что атмосферы вокруг Луны нет.

Отсутствие атмосферы создает на Луне весьма своеобразный температурный режим. На Земле воздух сильно сглаживает температурные контрасты. Благодаря конвекции (перемешиванию воздушных масс) температуры ночью и днем, в тени и на солнце различаются не очень сильно. Иная картина наблюдается на Луне. Максимальная температура пород, составляющих поверхность Луны, в лунный полдень близка к $+130^{\circ}\text{C}$, а в полночь она падает до -150°C . Температура различных точек лунной поверхности зависит от угла наклона солнечных лучей. Но и в одном и том же пункте Луны температуры «на солнце» и в тени от какой-нибудь горы различаются на многие десятки градусов. В этом нас убеждает тот факт, что во время лунных затмений, когда тень от Земли падает на Луну, температура затененных участков лунной поверхности иногда за очень короткое время понижается от $+130^{\circ}$ до -130°C !

Луна — мир температурных контрастов. Они возможны лишь при таком поверхностном слое, который обладает крайне низкой теплопроводностью. Если бы поверхность Луны была сплошь покрыта голыми скалами, температурные колебания на Луне были бы значительно меньшими. Только мелко раздробленные породы, напоминающие пыль или песок, могли бы объяснить наблюдаемую картину. Ведь в этом случае тепло от одной частицы к другой будет передаваться лишь излучением — конвекция отсутствует, а теплопроводность играет малую роль, так как соседние частицы соприкасаются друг с другом в небольшом числе точек. По всем этим соображениям еще задолго до начала непосредственного изучения Луны средствами космонавтики астрономы предсказали, что поверхность Луны, обладающая крайне низкой теплопроводностью, покрыта толстым пылевым слоем. Он столь же быстро нагревается солнечными лучами, как и отдаст (в тени или ночью) накопленное теп-

ло. Прямые космонавтические исследования Луны показали, однако, что слой пыли, покрывающий лунную поверхность, сравнительно тонок (не толще нескольких сантиметров).

ДВИЖЕНИЯ ЛУНЫ

Казалось бы, движения Луны очень просты: вращение вокруг оси и обращение вокруг Земли. К этим двум движениям можно также прибавить и третье — обращение Луны вместе с Землей вокруг Солнца. На самом деле мы перечислили лишь главные, простейшие из лунных движений. Кроме них, есть множество «второстепенных», учет которых, однако, совершенно необходим. Вот почему теория движения Луны считается одной из самых трудных проблем небесной механики. Можно смело сказать, что ни одно небесное тело не потребовало столько труда для изучения его движения, сколько наш естественный спутник.

Еще в 1747 г. Клеро, знаменитый французский математик, заложил первые основы теории лунных движений. Затем свои творческие способности в этой области применили Даламбер и Лаплас. Последний более 30 лет занимался теорией движения Луны, но тема отнюдь не была исчерпана и в дальнейшем крупнейшие математики мира пробовали свои силы в этой, оказавшейся очень сложной, области небесной механики. Среди них были Эйлер и Пуассон, Делоне и Пуансо, Хилл и Браун. Современная теория движения Луны окончательно оформилась лишь к 1923 г. С тех пор на основе этой теории во всех астрономических ежегодниках публикуются данные о положениях Луны на небе для различных моментов времени.

В чем же причина всех этих трудностей? Почему движение Луны так сложно?

Лишь в первом, самом грубом приближении орбиту Луны можно считать окружностью. На самом деле это эллипс, в одном из фокусов которого находится центр Земли. Ближайшая к Земле точка лунной орбиты называется *периселением*, самая удаленная — *апоселением*. В момент прохождения Луны через периселений ее центр отстоит от центра Земли на расстоянии 363 300 км. На земном небе видимые размеры Луны становятся наибольшими — ее поперечник достигает 32' 52". Наоборот, в апоселении, когда Луна удаляется от Земли до расстояния 405 500 км, видимый диаметр лунного диска сокращается

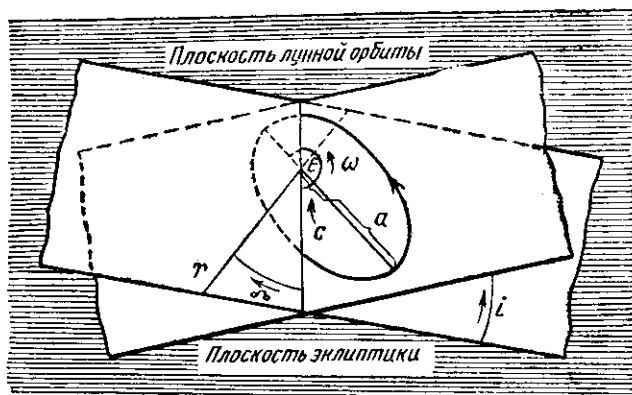


Рис. 4. Элементы лунной орбиты:

a — большая полуось; i — наклонение к эклиптике; Ω — долгота восходящего узла; ω — расстояние от восходящего узла до периселения; точка E — фокус орбиты Луны; c — расстояние от центра лунной орбиты до фокуса.

до $29'28''$. Конечно, эти изменения незначительны, для невооруженного глаза почти незаметны, но они существуют и свидетельствуют о том, что расстояние от Земли до Луны меняется непрерывно. Амплитуда этих колебаний ($42\,500\text{ км}$) настолько велика, что игнорировать ее, например, при посылке космических аппаратов на Луну невозможно.

Плоскость, в которой лежит лунная орбита (рис. 4), составляет с плоскостью земной орбиты угол i , равный $5^\circ 09'$ (наклон к эклиптике). Прямая, по которой пересекаются обе эти плоскости, называется **линией узлов**. Ее положение в пространстве определяется долготой восходящего узла Ω . Так называют угол, который образует линия узлов с направлением из центра Земли на точку весеннего равноденствия Υ — ту точку звездного неба, где Солнце бывает ежегодно 21 марта. Этот угол отсчитывают от направления на точку весеннего равноденствия против часовой стрелки, если смотреть со стороны северного полушария звездного неба.

Размеры и форма лунной орбиты характеризуются ее большой полуосью a и эксцентриситетом e . Первая из этих величин равна $384\,400\text{ км}$, вторая $0,05$. Расположение лунной орбиты в ее плоскости задается расстоянием периселения от узла ω — так называют угол, который образует

линия узлов с направлением из центра Земли на периселений. Наконец, положение Луны на орбите можно вычислить, если известен T_0 — какой-то из моментов прохождения Луны через периселений.

Все эти шесть величин (i , Ω , a , e , ω , T_0) называются элементами лунной орбиты. Если бы Земля была строго шарообразна и при этом плотность вещества внутри земного шара зависела бы только от расстояния до центра Земли и если бы, наконец, система Земля — Луна была изолирована от влияния всех остальных небесных тел, теория лунного движения была бы очень несложной. Луна обращалась бы вокруг Земли по неизменному эллипсу, и все элементы лунной орбиты оставались постоянными. На самом деле на Луну воздействуют одновременно и притяжение Солнца и сплюснутость Земли, и даже гравитационные поля других планет. Благодаря всему этому в движении Луны наблюдаются возмущения, или, как их чаще называют, «неравенства». В результате все элементы лунной орбиты непрерывно изменяются, и движение Луны, по существу представляющее собой сумму многих одновременно совершающихся движений, оказывается чрезвычайно сложным. Здесь мы отметим лишь четыре главных лунных «неравенства».

1. Регрессия линии узлов. Слово «регрессия» означает отступление, движение назад. Регрессия линии узлов лунной орбиты выражается в очень медленном, но неуклонном перемещении этой линии в направлении, обратном движению Луны по орбите. Иначе говоря, плоскость лунной орбиты поворачивается в пространстве и полный оборот линия узлов завершает за 18,6 года. Легко подсчитать, что ежегодно поворот линии узлов лунной орбиты составляет $19^\circ,3$.

2. Движение линии апсид. Оно выражается в том, что эллипс лунной орбиты непрерывно поворачивается в своей плоскости в сторону движения Луны и быстрее, чем линия узлов. В первоначальное положение линия апсид (прямая, проходящая через периселений и апоселений лунной орбиты) возвращается спустя 8,9 года.

3. Колебания наклона лунной орбиты. Эти периодические «покачивания» плоскости, в которой лежит лунная орбита, имеют небольшую амплитуду (угол i меняется в пределах от $4^\circ59'$ до $5^\circ17'$, в среднем составляя $5^\circ09'$). Возврат в первоначальное положение совершается каждые 18,6 года.

4. Колебания эксцентриситета. Форма лунной орбиты также не остается постоянной. Она то слегка вытягивается, то снова возвращается к первоначальному виду спустя 8,9 года и при этом эксцентриситет меняется в пределах от 0,04 до 0,07. Соответственно и среднее расстояние Луны от Земли меняется в пределах от 356 400 км до 406 730 км.

Повторяем, что перечисленные четыре неравенства главнейшие, самые заметные. Они составляют, увы, лишь малую долю всех тех неравенств, которые приходится учитывать в современной теории движения Луны. В сущности каждый элемент лунной орбиты испытывает не одно, а сотни периодических возмущений, причем каждое из них имеет свою амплитуду и свой период. Попробуйте представить себе все эти движения совершающимися одновременно — ведь астрономам приходится учитывать именно это суммарное, результирующее движение нашего естественного спутника.

В других случаях, для других небесных тел многими возмущениями из-за их малости попросту пренебрегают. Но Луна имеет сравнительно небольшую массу и поэтому чутко «отзывается» на внешние влияния. С другой стороны, она близка к Земле и даже небольшие неравенства с Земли становятся заметными. Эти два обстоятельства и объясняют необыкновенную сложность движения Луны. Космонавтика со своей стороны предъявляет к астрономам требования уточнить, улучшить и без того сложную теорию — ведь полеты на Луну предполагают уверенное определение расчетной траектории космических аппаратов. Впрочем, здесь, как и во всех других областях познания, человек постепенно все глубже и глубже проникает в суть изучаемого явления, подчиняясь запросам практики.

НОЧНОЕ СВЕТИЛО

Звездное небо намного потеряло бы в своей привлекательности, если бы иногда на его фоне не появлялось такое великолепное ночное светило, как Луна. В прошлом некоторые авторы астрономических трактатов высказывали даже сожаление, что жители других планет лишены подобного зрелища. Сегодня мы знаем, что это сожаление адресовать некому: мы, люди — единственные разумные обитатели Солнечной системы.

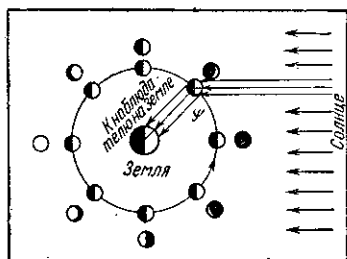


Рис. 5. Смена фаз Луны.

Как светило Луна прежде всего характерна своим непостоянством. Непрерывно меняется ее видимый облик, ее фазы и соответственно изменяется и освещенность, создаваемая Луной на земной поверхности.

На рисунке 5 показаны различные положения Луны на ее орбите и рядом фазы Луны т. е. ее вид для земного на-

блюдателя. Так как Солнце очень далеко от Земли, то солнечные лучи, падающие на Луну, почти параллельны, и поэтому Солнце всегда освещает ровно половину лунного шара. Но это освещенное полушарие Луны с Земли мы видим по-разному.

Когда Луна находится между Землей и Солнцем, но не заслоняет собой солнечный диск, земному наблюдателю Луна невидна. Эта фаза Луны называется н о в о л у н и е м. Спустя 1—2 дня после новолуния в лучах вечерней зари появляется узенький серпик «молодой», растущей Луны. С каждым вечером этот серпик утолщается, и спустя примерно неделю после новолуния наступает первая четверть. В этой фазе Луна выглядит светлым полукругом, обращенным выпуклостью вправо. Далее Луна продолжает расти, и еще спустя неделю наступает п о л н о л у н и е, когда земному наблюдателю становится видно все освещенное полушарие Луны.

После полнолуния смена лунных фаз происходит в обратном порядке. Луна «ущербляется» справа, через неделю наступает последняя четверть (светлый полудиск с выпуклостью, обращенной влево), а затем «старая» Луна становится похожей на букву «С» и, с каждым днем приближаясь на небе к Солнцу, в конца концов теряется в лучах утренней зари.

Договоримся впредь край лунного диска называть л и м б о м, а границу между освещенной и неосвещенной частями лунного шара — т е р м и н а т о р о м. Из-за неровностей лунной поверхности терминатор не всегда имеет правильную форму полуэллипса. «Зазубрины» терминатора иногда различимы даже невооруженным глазом (серп Луны «с носом»), в бинокль же и телескоп они видны всегда.

Когда серп Луны достаточно узок, часто удается наблюдать пепельный свет Луны — слабое свечение ее неосвещенной части. Собственно при этом мы видим свет не Луны, а Земли, рассеянный лунной поверхностью. Любопытно, что, когда к Луне обращен Тихий океан, пепельный свет приобретает заметный голубоватый оттенок, а когда Земля повернута к Луне Азиатским континентом, пепельный свет становится желтоватым. Так в «кривом» шероховатом лунном зеркале отражается наша богатая красками планета!

Обращаясь вокруг Земли, Луна перемещается на фоне созвездий, за сутки смещаясь к востоку примерно на 13° . Промежуток времени, за который Луна совершает полный оборот вокруг Земли, называется сидерическим месяцем. Он равен 27,3 земных суток. Полный цикл изменения лунных фаз занимает несколько больший промежуток времени. Он называется синодическим месяцем и равен 29,5 земных суток.

Причина, по которой сидерический месяц не равен синодическому, достаточно ясна. Когда Луна, завершив полностью оборот вокруг Земли, снова вернется в прежнее положение относительно звезд, Солнце (благодаря орбитальному движению Земли) сместится на небе к востоку и, следовательно, фаза Луны будет иной, чем в начале сидерического месяца. Лишь через два с небольшим земных дня Луна, догоняя Солнце в их видимом движении по небосводу, снова достигнет первоначальной фазы и тем самым синодический месяц будет завершен.

Если бы не было никаких лунных неравенств, путь Луны на фоне звездного неба всегда был одним и тем же. На самом деле, строго говоря, он никогда не повторяется и можно отметить лишь тот пояс созвездий, через которые может пройти (и иногда проходит) Луна. В этот пояс, кроме зодиакальных созвездий (Рыбы, Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей), входят и некоторые созвездия, граничащие с ними.

Условия видимости Луны зависят от сезона. Например, зимой, когда суточный путь Солнца в северных широтах невысок над горизонтом, полная Луна, противостоящая на небе Солнцу, наоборот, около полуночи ярко сияет высоко в небе. Летом же наблюдается обратная картина — видимый путь полной Луны над горизонтом очень низок. Для всех сезонов восход полной Луны совпадает с заходом Солнца и,

наоборот, с восходом Солнца уходит под горизонт полная Луна.

Зная, как располагаются на небе видимый годовой путь Солнца и видимый месячный путь Луны, можно, например, сообразить, что «молодая» Луна лучше всего видна в весенние вечера — тогда ее суточный путь над горизонтом высок и длинен. Наоборот, в осенние вечера «молодая» Луна поднимается над горизонтом невысоко и заходит рано. Желаящие самостоятельно наблюдать Луну сведения о ее видимости смогут найти не только в астрономических ежегодниках, но и в обычном отрывном календаре, где указываются на каждый день фаза Луны и время ее восхода и захода.

На светлой поверхности лунного диска глаз без труда различает сероватые пятна постоянных очертаний — так называемые лунные «моря». То, что они всегда одинаковы, было подмечено еще в древности. Этот факт свидетельствует о том, что Луна всегда обращена к нам одним и тем же полушарием. Второе, не видимое с Земли полушарие стало доступным изучению лишь с помощью космических аппаратов.

Сохраняя постоянную ориентацию по отношению к Земле, лунный шар в то же время вращается вокруг оси так, что время оборота Луны вокруг оси в точности равно периоду ее обращения вокруг Земли — $27 \frac{1}{3}$ сут. Такое движение называется с и н х р о н н ы м, и оно, по-видимому, свойственно и некоторым спутникам других планет. Заметим, что ось вращения Луны почти перпендикулярна плоскости земной орбиты (угол наклона равен $88^{\circ}28'$).

Период полного оборота Луны вокруг оси ($27 \frac{1}{3}$ сут) можно назвать л у н н ы м и з в е з д н ы м и с у т к а м и, так как движение Луны в этом случае рассматривается относительно звезд. Солнечные же сутки на Луне несколько длиннее, и они, как нетрудно сообразить, равны синодическому месяцу ($29 \frac{1}{2}$ земных суток). Действительно, в этом случае по завершении солнечных суток терминатор возвращается в исходное положение, а значит, повторяется первоначальная лунная фаза. Таким образом, солнечные сутки на Луне длятся почти месяц, а день и ночь — по две земные недели. Эта особенность лунного мира приводит к тому, что поверхность Луны периодически испытывает длительный нагрев, сменяющийся столь же продолжительным охлаждением.

Казалось бы, из синхронного движения Луны неизбежно следует, что земному наблюдателю всегда доступна лишь половина лунной поверхности. На самом деле это не совсем так. По некоторым причинам, которые мы сейчас рассмотрим, Луна слегка «покачивается», чуть-чуть приоткрывая нам часть невидимого своего полушария. Благодаря этому «покачиванию» или либрации земной наблюдатель видит не половину, а около 60% всей лунной поверхности. Различают четыре типа либраций.

Либрация по долготе. Она вызвана тем, что вращение Луны вокруг оси совершается равномерно, а обращение Луны вокруг Земли по эллипсу происходит неравномерно (второй закон Кеплера). Из-за этого создается впечатление, что Луна слегка покачивается, попеременно приоткрывая земному наблюдателю то восточную, то западную часть своего невидимого полушария. В течение сидерического месяца вид красивых зон Луны заметно меняется, что легко проверить, наблюдая Луну хотя бы в бинокль.

Наибольшее значение либрации по долготе составляет $+7^{\circ}45'$.

Либрация по широте. Плоскость лунного экватора образует с плоскостью земной орбиты угол $1^{\circ}32'$, а плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости земной орбиты под углом, близким к 5° . Следовательно, наклон лунного экватора к лунной орбите составляет $6^{\circ},5'$. При обращении вокруг Земли ось вращения Луны перемещается в пространстве параллельно самой себе. По этой причине Луна периодически обращает к земному наблюдателю то северный полюс, то южный вместе с их окрестностями. Тем самым мы как бы «заглядываем» через полярные зоны в невидимое полушарие Луны. Либрация по широте достигает $\pm 6^{\circ}41'$ и благодаря ей становятся частично доступны околополярные зоны обратной стороны Луны.

Параллактическая либрация. Все, что было сказано по поводу двух предыдущих либраций, относилось к воображаемому наблюдателю, помещенному в центр Земли. Реальный же наблюдатель находится на поверхности вращающейся Земли, которая переносит его из одной точки пространства в другую. Меняется положение наблюдателя, чуть-чуть изменяется и вид Луны. Даже, если бы Луна относительно центра Земли оставалась совершенно неподвижной, земному наблюдателю из-за вращения

Земли она казалась бы слегка покачивающейся. Эта параллактическая либрация совсем невелика и не превышает $\pm 1^\circ$.

Все три перечисленные выше либрации в сущности имеют геометрический характер. Они связаны не с реальным «покачиванием» самой Луны, а с изменениями условий ее наблюдения. Однако существует и настоящая физическая либрация. Она вызвана тем, что Луна (как и Земля) имеет форму не идеального шара, а трехосного эллипсоида. Правда, отклонения Луны от шарообразной формы очень невелики — направленный к Земле радиус Луны превосходит перпендикулярные к нему радиусы всего на несколько километров.

Но все-таки вытянутость Луны в направлении к Земле существует. Большая ось лунного эллипсоида при обращении Луны вокруг Земли периодически выходит из положения своеобразного «равновесия» и становится направленной не к центру Земли, а слегка в сторону. Но тяготение Земли старается привести лунный эллипсоид в устойчивое положение. В итоге возникают настоящие физические колебания Луны, правда, с очень маленькой амплитудой — физическая либрация не превышает $\pm 2''$.

Лунный свет и лунные ночи восторженно описаны многими поэтами и прозаиками. И с ними трудно не согласиться — Луна как светило изумительно красива. Но она кажется в темные ночи ослепительно яркой лишь по контрасту с черным фоном ночного неба — днем Луна выглядит куда менее эффектно.

Самое парадоксальное, пожалуй, то, что на самом деле Луна — очень плохое «зеркало». Она отражает лишь 7% падающего на нее солнечного света. По своим отражательным способностям Луна напоминает сухой чернозем, мокрый суглинок и очень темные горные породы типа базальта и диабазы. Иначе говоря, в целом Луна темно-серая, а не ослепительно серебристая, какой кажется нашим, подверженным различным оптическим обманам, глазам.

Если изучить более детально, как отражает Луна лучи разного цвета, то окажется, что с увеличением длины волны отражательная способность лунной поверхности возрастает. Так, например, Луна отражает 4% падающих на нее фиолетовых лучей, 7% желтых и 9% красных. Вещество с такими оптическими свойствами воспринимается нашим глазом, как темно-серое с коричневатым оттенком.

Первые фотоснимки Луны были получены вскоре после изобретения фотографии. Позже Луну фотографировали через разные светофильтры. На цветных фотографиях Луны цветовые контрасты усилены — при наблюдении Луны в телескоп лишь иногда удается различить очень слабую окраску какого-нибудь участка Луны. В целом лунная поверхность, в отличие от земной, отличается однообразием окраски. Тем необычнее облик разноцветной Луны, созданный средствами химии.

Впрочем, даже слабые цветовые оттенки лунных объектов указывают на их разную природу и, возможно, на различное происхождение. Но это относится уже к деталям лунного мира, а не к свойствам Луны как ночного светила.

ОБЛАКА КОРДЫЛЕВСКОГО

В прошлом веке шли споры о том, сколько лун имеет Земля. Вопрос этот отнюдь не праздный. Некоторые из планет очень богаты спутниками — у Юпитера их 14, у Сатурна 10. Открыли их не сразу и, естественно, возникало предположение, что, может быть, вокруг Земли кружится один или несколько маленьких неизвестных спутников, пока ускользающих от наблюдателей. Небесмысленными казались и поиски «луны Луны», т. е. небольшого спутника Луны, обращающегося вокруг нее на сравнительно небольшом расстоянии. Некоторые астрономы уверяли своих коллег, что им удавалось заметить вблизи Луны какие-то неизвестные быстродвижущиеся звездочки. Но ими оказывались или малые планеты (астероиды), или просто оптические блики в линзах и зеркалах телескопов. И хотя никаких новых лун в космических окрестностях Земли и Луны обнаружить не удалось, известный французский романист Жюль Верн в романе «Вокруг Луны» счел нужным упомянуть о второй луне — так популярна была в то время эта идея.

Ныне и Земля и Луна имеют искусственные спутники, и мы привыкли к мысли, что орбиты всех этих искусственных космических тел представляют собой эллипсы, в одном из фокусов которых находится Земля или Луна. Между тем могут в системе Земля — Луна существовать небольшие естественные спутники с орбитами совсем необычными.

Как доказал еще в XVIII в. знаменитый французский математик Лагранж, в системе Земля — Луна есть пять

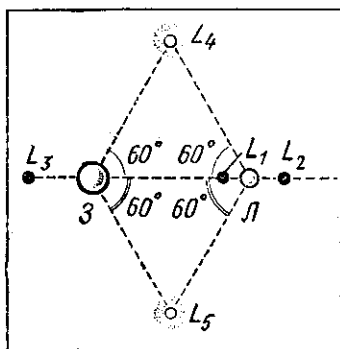


Рис. 6. Либрационные точки в системе Земля — Луна и облака Кордылевского.

так называемых либрационных точек, в которых любое третье тело окажется в состоянии гравитационного равновесия.

Три либрационные точки L_1 , L_2 , L_3 лежат на прямой, проходящей через центры Земли и Луны (рис. 6). Они называются прямолинейными точками либрации и характерны тем, что тело, помещенное в них, будет находиться в неустойчивом равновесии. Такое состояние напоминает равновесие карандаша, поставленного на свое острие. Достаточно чуть-чуть, на бесконечно малое расстояние,

сместить тело из точек L_1 , L_2 или L_3 , как оно уже больше никогда не вернется обратно. Иная картина будет наблюдаться в треугольных точках либрации L_4 и L_5 . Эти точки отличаются тем, что тело, помещенное в них, будет находиться в устойчивом равновесии, т. е. выведенное из них (не с очень большой скоростью) тело начнет описывать вокруг точек L_4 и L_5 траектории, напоминающие эллипсы. Точки L_4 и L_5 вместе с Землей и Луной образуют вершины двух равносторонних треугольников. При движении Луны вокруг Земли расположение этих точек относительно Земли и Луны остается неизменным. Все происходит так, как если бы весь рисунок 6 вращался вокруг центра изображенной на нем Земли.

Выводы Лагранжа были чисто теоретическими. Они касались не только системы Земля — Луна, но и вообще любой системы двух космических тел. В начале текущего столетия в системе Солнце — Юпитер, в окрестности треугольных точек либрации были обнаружены необычные либрационные спутники. Самые крупные из них (диаметром более 100 км) были названы именами героев троянской войны (Ахилл, Гектор, Агамемнон и др.), и поэтому в астрономической литературе они называются троянцами. Это общее наименование сохранилось и для всех других необычных «либрационных» спутников, открытых позже. Часть троянцев движется впереди Юпитера, другие вслед

за ним. Каждый троянец описывает, кроме того, сложную «квазиэллиптическую» орбиту около своей либрационной точки, причем некоторые из троянцев иногда удаляются от этих точек на миллионы километров.

Принципиально говоря, и в системе Земля — Луна могут существовать либрационные спутники типа троянцев. Однако лишь в 1961 г. после десятилетних поисков польский астроном К. Кордылевский объявил об открытии новых спутников Земли.

В отличие от троянцев спутники, открытые Кордылевским, оказались не крупными космическими телами, а двумя облаками мелкой космической пыли, центры которых размещены на лунной орбите. Увидеть их нелегко, так как для этого требуется не только идеально прозрачная темная ночь, но и ряд дополнительных условий (например, чтобы облака не проектировались на Млечный Путь и др.). Облако, движущееся впереди Луны, становится наиболее ярким спустя два дня после первой четверти, облако, следующее за Луной, — за два дня до последней четверти. Впервые облака-спутники Кордылевский увидел в 1956 г., но не спешил оповестить мир об открытии до тех пор, пока не были получены хорошие фотоснимки этих облаков.

Диаметр каждого из облаков Кордылевского несколько больше поперечника нашей планеты, а масса каждого облака близка к 20 000 т. Это совсем немного, если учесть, в каком объеме распылено твердое вещество. Получается, что средняя плотность облаков Кордылевского весьма мала — на каждый кубический километр мирового пространства в среднем приходится лишь одна пылинка.

При наблюдениях облаков-спутников Кордылевскому удалось различить звездообразные объекты, в сто и более раз уступающие в блеске самым слабым звездам, еле различимым невооруженным глазом. Это означает, что в облаках Кордылевского нет тел, поперечник которых превышал бы 20 м. Скорее всего частицы, составляющие эти облака, сравнимы по размерам с очень мелкими метеорными телами. Назвать такие частицы «лунами» вряд ли правильно — ни одна из них, отдельно взятая, не может быть «светилом», да и сами облака Кордылевского еле различимы на ночном небе Земли. Впрочем, замечено, что частицы облаков Кордылевского ведут себя совсем как Луна — они меняют фазы и от этих фаз зависит общая яркость облаков-спутников.

Окрестности треугольных точек либрации — это своеобразные «потенциальные ямы». Случайно влетевшие в них частицы при определенных условиях водворяются на квазиэллиптические орбиты. Возможно, что некоторые из частиц сталкиваются и при этом приобретают скорости, выводящие их навсегда из потенциальной ямы. Но на смену выбывшим частицам из космоса поступают новые.

В 1966 г. экспедиция польских астрономов наблюдала облака Кордылевского из Африки. Неожиданно выяснилось, что вдоль всей лунной орбиты простирается космическая пыль, а облака Кордылевского — это лишь уплотнения в том пылевом кольце, которое окружает Землю. Выходит, что если не по количеству крупных спутников, то хотя бы в этом отношении Земля напоминает Сатурн с его кольцами.

ЛУНА СРЕДИ ЛУН

Говорят, что все познается в сравнении. Соглашаясь с этим тезисом, мы предлагаем читателю сравнить Луну со спутниками других планет Солнечной системы, с другими «лунами» (рис. 7). Их насчитывается пока 34, но вполне возможно, что в будущем семейство лун пополнится новооткрытыми объектами.

Наиболее богат лунами Юпитер. Его четырнадцать спутников образуют уменьшенное подобие Солнечной системы. Самая далекая из юпитеровых лун, обозначенная номером IX, совершает облет планеты на расстоянии в 24 млн. км. Период обращения этой Луны вокруг своей планеты слегка превышает два года!

Первые четыре гигантских спутника Юпитера были открыты еще в январе 1610 г. Галилео Галилеем. Великий итальянский астроном предложил в честь герцога Медичи назвать четыре крупнейшие луны Юпитера «Медицейскими звездами». Но название это не прижилось, и в конце прошлого века из уважения к размерам этих лун им были присвоены собственные имена, заимствованные по традиции из мифологии: Ио, Европа, Каллисто и Ганимед. Эти луны так ярки, что их можно заметить рядом с Юпитером даже в полевой бинокль. Вблизи, с поверхности планеты, гигантские луны Юпитера являли бы собой весьма эффектное зрелище.

Все четыре галилеевы спутника Юпитера сравнимы с Лунной (Ио, Европа) или даже заметно превосходят ее по раз-

меру. Напомним, что поперечник Луны равен 3476 км. У Ио диаметр на 4 км меньше, чем у Луны, а поперечник Европы равен 3100 км. Зато две другие луны огромны — диаметр Каллисто 4700 км, диаметр Ганимеда 5000 км. Ганимед, этот третий по принятой нумерации спутник Юпитера, — крупнейшая луна Солнечной системы.

В 1953 г. французские астрономы опубликовали карты поверхностей галилеевых спутников Юпитера. Их облик в целом скорее напоминает внешний вид Юпитера с его «полосатой» атмосферой, чем привычный нам лик Луны. На их дисках виднеются полосы, параллельные экватору, а также округлые пятна вроде тех, которые наблюдаются в экваториальной зоне Юпитера.

У Ио полярные области темнее экваториального пояса, у остальных галилеевых спутников, наоборот, околополярные зоны внешне напоминают полярные шапки. На поверхности Ганимеда замечены беловатые изменчивые пятна как раз в тех областях его диска, где ночь сменяется днем. Не исключено, что перед нами какие-то облачные образования типа утренних туманов.

В 1964 г. известный советский планетолог В. И. Мороз, сфотографировав инфракрасный спектр Ганимеда, нашел, что он очень похож на спектр полярной шапки Марса. Вполне возможно, что поверхность Ганимеда хотя бы час-

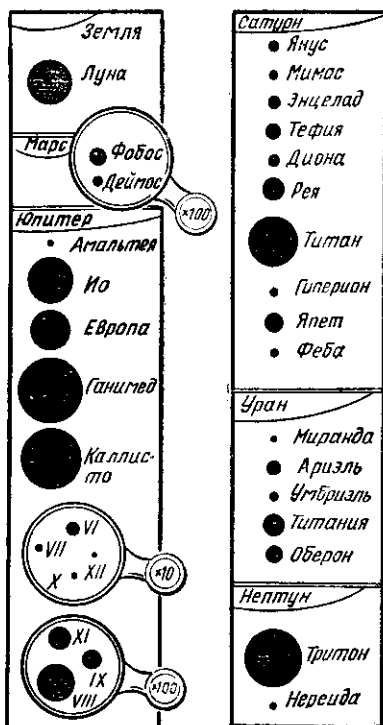


Рис. 7. Размеры спутников планет по сравнению с самими планетами, кривизна которых показана небольшой дугой вверху каждой части рисунка. Масштаб для размеров спутников 5000 км в 10 м.м.

тично покрыта льдом — ведь температура там близка к -118°C и ледяной покров (при наличии атмосферы) может сохраняться миллиарды лет.

В декабре 1973 г. американская межпланетная автоматическая станция «Пионер-10» прошла в 130 000 км от Юпитера и сфотографировала все четыре галилеевых спутника. Вид Ганимеда был совсем необычным для крупного космического тела — внешне он напоминал испанскую «летающую тарелку», парящую над планетой. Чем вызвана такая форма Ганимеда и какова физическая природа этого уникального спутника, пока неясно.

Поверхность другого спутника Юпитера — Ио по отражательной способности напоминает красноватые пустыни Марса. Возможно, поверхность Ио, как и марсианская поверхность, покрыта лимонитом — разновидностью бурого железняка.

Наблюдения, проведенные на французской обсерватории Пик-дю-Миди, показали, что четыре главных спутника Юпитера постоянно повернуты к планете одной и той же стороной, напоминая в этом отношении нашу Луну. Не исключено, что некоторые из галилеевых спутников Юпитера в значительной своей части состоят из льда. Так, например, средняя плотность Каллисто близка к плотности воды, и, может быть, этот спутник представляет собой испанскую глыбу из замерзших воды и аммиака. Отражательная способность и других спутников-гигантов весьма велика. Это заставляет предполагать, что на их поверхности лежит ледяной покров. Впрочем, детальное изучение спутников планет только начинается и сейчас пока рано делать какие-либо категорические выводы.

Остальные восемь спутников Юпитера — тела небольшие. Самый крупный из них — пятый спутник Амальтея имеет поперечник 160 км, наименьшими поперечниками (около 10 км) обладают VIII, XIII и XIV спутники.

В семействе десяти лун Сатурна выделяется Титан. Это вторая по размерам луна в Солнечной системе — ее поперечник равен 4850 км. Титан по размерам превосходит Меркурий и лишь немногим уступает Марсу. Заменяв нашу Луну Титаном, мы получили бы ночное светило, освещающее земные ландшафты в 2,6 раза более ярко, чем Луна. Во время «полнотитания» все непрозрачные предметы отбрасывали бы резкие тени и можно было бы читать даже самую мелкую печать. Незнакомая огромная луна светила бы так ослепи-

тельно, что смотреть на нее без темных защитных очков было бы небезопасно. И еще один выигрыш от этой замены: Титан на небе имел бы угловой поперечник, значительно больший, чем Луна, а поэтому самые продолжительные из полных солнечных затмений продолжались бы не 7 мин, как теперь, а 11 мин.

В 1944 г. американский астроном Дж. Койпер, сфотографировав спектр Титана, заметил в нем полосы, принадлежащие болотному газу — метану. Судя по интенсивности этих полос, Титан окружен плотной метановой атмосферой. С его поверхности мы бы, возможно, увидели над головой не черную звездную бездну, а голубоватое небо, на котором каким-то полуфантастическим призраком выделялся как бы висящий в воздухе исполинский Сатурн.

Поверхность Титана при наблюдениях с Земли кажется весьма изменчивой, как и поверхность Сатурна. Скорее всего мы видим непостоянный облачный покров, скрывающий детали твердой поверхности.

Среди спутников Сатурна значительными размерами обладают Рея (поперечник 1400 км) и Япет (поперечник 1330 км). Последний любопытен тем, что к востоку от Сатурна он в пять раз менее ярок, чем на противоположной стороне своей орбиты. Колебания блеска Япета совершаются с такой же ритмичностью, как сигнальные «подмигивания» земных маяков. По-видимому, причина всего этого в неодинаковом строении двух полушарий Япета, из которых одно постоянно обращено к Сатурну. Не исключено, что как и у Луны, это полушарие покрыто «морями» и поэтому оно более темное, чем противоположное почти «материковое» полушарие.

Поперечники остальных сатурновых лун заключены в пределах от 350 до 900 км. Весьма примечательно, что некоторые из них (Мимас, Энцелад, Янус) имеют среднюю плотность, меньшую чем у воды. Так как эти небольшие тела заведомо лишены атмосфер, то их уникально малая средняя плотность, возможно, свидетельствует об их «ледяной» природе.

Все пять спутников Урана также не имеют вокруг себя атмосфер. Самый крупный из них Титания имеет диаметр 1600 км, наименьший из спутников Урана Миранда более чем втрое по диаметру уступает Титании.

Зато около Нептуна обращается еще одна гигантская луна — спутник Тритон (диаметр 4000 км), по размерам чет-

вертый в Солнечной системе (после Ганимеда, Титана и Каллисто). Мы очень плохо знаем это далекое космическое тело. Возможно, что у Тритона есть атмосфера, но прямых доказательств этого пока не получено. О втором спутнике Нептуна Нериде известно лишь, что его диаметр равен 300 км, а средняя плотность $2,4 \text{ г/см}^3$.

Уникальными спутниками обладает Марс. В последние годы мы о них узнали больше, чем о всех спутниках остальных планет (исключая, разумеется, Луну). С межпланетных автоматических станций сфотографированы оба марсианских спутника — и Фобос, и Деймос. Они оказались каменными глыбами неправильной формы, размером $22 \times 12 \text{ км}$ (Фобос) и $12 \times 8 \text{ км}$ (Деймос). Их поверхность испещрена кратерами, образовавшимися при столкновениях с метеоритами. Поперечники кратеров (учитывая размеры Фобоса и Деймоса) внушительны — от 0,5 до 3 км. Оба спутника очень близки к Марсу — радиус орбиты Фобоса 9500 км, Деймоса 24000 км. Сегодня Фобос и Деймос уже нельзя назвать самыми крошечными лунами Солнечной системы — среди спутников Юпитера есть меньшие. Но, несомненно, форма марсианских лун характерна для всех небольших космических тел, тогда как крупные планетоподобные тела должны, как правило, иметь шарообразную форму.

Какое же место занимает Луна среди лун? По размерам наш естественный спутник стоит на пятом месте. Луна по массе чуть-чуть «не дотянула» до тех лун, которые окружены атмосферой. Превосходящие Луну по размерам Ганимед, Титан, Каллисто и Тритон могли бы считаться полноправными крупными планетами, если бы они самостоятельно обращались вокруг Солнца. Наличие атмосфер (доказанное или весьма возможное) придает своеобразный облик этим телам, отличающий их от Луны и, вероятно, роднящий с Марсом и Меркурием.

Спутники планет, сравнимые по размерам с Луной или значительно меньшие, чем она, заведомо лишены атмосфер и рельеф их поверхности, вероятно, напоминает лунный. Наконец, самые мелкие из лун сходны с астероидами и крупными метеорными телами. Не исключено, что эти космические глыбы — осколки каких-то более крупных космических тел, захваченные на современные орбиты тяготением Марса или Юпитера. Если у Меркурия, Венеры и Плутона откроют когда-нибудь спутники, то они скорее

всего окажутся телами небольшими, схожими с Фобосом и Деймосом.

В одном отношении Луна безусловно уникальна. Как уже говорилось, она по размерам сравнима с Землей. Другие примеры подобных двойных планет нам неизвестны.

СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

При обращении вокруг планеты ее спутник, освещенный Солнцем, иногда отбрасывает тень на планету, а в другое время сам попадает в ее тень. Подобные явления часто наблюдаются, например, в системе спутников Юпитера, где четыре гигантские луны то проходят перед диском планеты (и тогда темное пятнышко их тени бежит по поверхности Юпитера), то, наоборот, сами оказываются затененными величайшей из планет. Все это отлично видно даже в небольшие телескопы. В системе Земля — Луна попеременные «затенения» одного космического тела другим называются солнечными и лунными затмениями (рис. 8).

Солнечные затмения наступают тогда, когда Луна загораживает собой Солнце, а лунные затмения — когда Луна попадает в тень, отбрасываемую Землей в мировое пространство.

Если бы плоскость лунной орбиты совпадала с плоскостью орбиты Земли, затмения происходили бы регулярно два раза в месяц: солнечные — в момент новолуния, а лунные — в момент полнолуния. На самом деле плоскость лун-

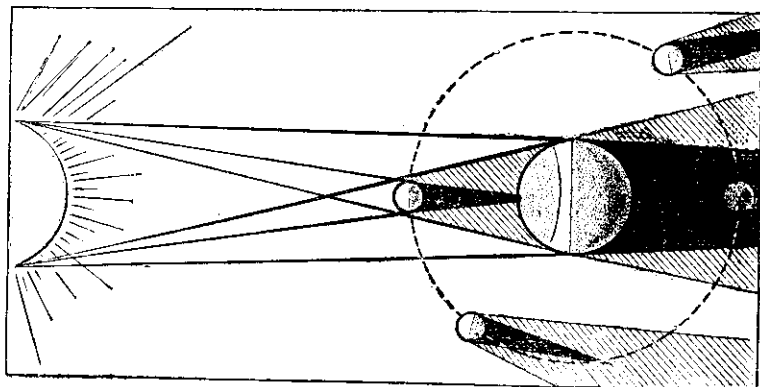


Рис. 8. Солнечные и лунные затмения.

ной орбиты наклонена к плоскости орбиты Земли под углом около 5° , и поэтому затмения принадлежат к числу сравнительно редких астрономических явлений.

Напомним, что точки пересечения лунной орбиты с плоскостью земной орбиты называются узлами, а отрезок, их соединяющий, — линией узлов. Нетрудно сообразить, что затмения могут наступать лишь тогда, когда Луна находится вблизи узлов своей орбиты и линия узлов направлена на Солнце.

Так как эта линия медленно поворачивается в пространстве, а движение Земли и Луны достаточно сложно, предвычисление моментов наступления затмений — дело нелегкое. В настоящее время теория затмений разработана весьма подробно. Оказывается, ежегодно должно происходить не менее двух и не более пяти солнечных затмений, а также не более трех лунных, причем в иные годы лунных затмений может не быть вовсе. Наиболее часто в году бывает два солнечных и два лунных затмения.

Во время солнечного затмения Луна иногда загораживает Солнце полностью (полное затмение) или частично (частное затмение). Солнечные затмения могут происходить, очевидно, только в новолуния.

Затмения Солнца наблюдаются в ограниченной области земной поверхности: полное там, куда в данный момент падает пятно лунной тени, диаметр которого не превышает 300 км, частное — по сторонам от этого пятна в радиусе до 4000 км (это область так называемой полутени). Так как Луна движется вокруг Земли, а Земля вращается вокруг своей оси, тень и полутень очень быстро перемещаются по земной поверхности, прочерчивая полосы полного и частного затмений.

Луна обращается вокруг Земли по эллипсу и поэтому ее расстояние от Земли все время изменяется. Вместе с ним меняются видимые размеры лунного диска. Если в момент солнечного затмения Луна находится вблизи апогея, ее видимые размеры уменьшаются настолько, что она не может полностью закрыть собой Солнце и вместо полного солнечного затмения наблюдается так называемое кольцеобразное затмение Солнца.

Во время солнечного затмения Луна, двигаясь справа налево (от запада к востоку), медленно загораживает собой Солнце. Солнечное затмение продолжается в общей сложности обычно около двух часов, тогда как полная фаза сол-

нечного затмения длится не более 7,5 мин. С наступлением полной фазы на небе появляются наиболее яркие звезды и планеты, а вокруг Солнца вспыхивает жемчужно-серебристое сияние — солнечная корона, самая верхняя часть солнечной атмосферы. В телескоп вокруг Солнца, закрытого Луной, хорошо видны розоватые выступы, напоминающие язычки пламени — газовые облака солнечной атмосферы, называемые протуберанцами. После окончания полной фазы звезды, корона и протуберанцы становятся невидимыми и постепенно природа приобретает обычный вид.

Пятно лунной тени в наиболее благоприятном случае имеет площадь около 50 000 м². Лунная тень пробегает по земной поверхности, закрывая около одного ее процента. Полные солнечные затмения, повторяющиеся в среднем раз в 1,5 года, могут вовсе не наблюдаться в каком-либо одном месте Земли на протяжении сотен лет.

Наблюдения солнечных затмений имеют большую научную ценность. По ним можно уточнить движение Луны, которое отличается большой сложностью. В моменты полных солнечных затмений особенно удобно наблюдать солнечную атмосферу и ее внешние слабосветящиеся части. Измеряя видимое положение звезд вблизи диска закрытого Луной Солнца, можно проверить некоторые выводы теории относительности. Вот почему в полосу полного солнечного затмения отправляются многочисленные научные экспедиции, чтобы получить новые данные о Солнце и Луне.

Во время лунных затмений Луна вступает в конус земной тени. Затмения Луны бывают только в полнолуния. Если Луна полностью погружается в земную тень, наступает полное лунное затмение, если только частично — частное лунное затмение. Лунное затмение происходит для всей Земли в один и тот же физический момент времени и может наблюдаться во всех тех местах Земли, где Луна будет в это время над горизонтом.

Тень Земли на Луне вследствие шарообразности Земли имеет форму круга. На расстоянии Луны поперечник земной тени превосходит по площади диск Луны в 2,5 раза. Поэтому Луна может полностью попасть в земную тень надолго. Полная фаза лунного затмения может длиться до 1 ч 40 мин, а все затмение Луны обычно продолжается больше трех часов.

Тень Земли имеет красноватый оттенок. Это явление вызвано тем, что красные и оранжевые лучи, преломившись в запыленной земной атмосфере, попадают внутрь конуса земной тени.

Лучи с меньшей длиной волны рассеиваются земной атмосферой и, рассеиваясь в ней, придают воздуху голубоватую окраску.

Покраснение Луны при затмении раньше вызывало суеверные страхи. Говорили, что Луна «заливается кровью» и рассматривали это как дурное предзнаменование. Во время же солнечных затмений суеверные люди ожидали «конца света» или по крайней мере неотвратимых бедствий. Разумеется, все эти суеверные вымыслы не имеют под собой никаких реальных оснований.

В настоящее время лунные затмения, как и затмения Солнца, используются для научных наблюдений. В частности, по окраске Луны во время полного лунного затмения можно узнать некоторые свойства земной атмосферы.

Если бы Земля была вовсе лишена атмосферы, тень ее на лунной поверхности была бы совершенно черной. Влияние земной атмосферы на окраску лунной тени двойное.

Во-первых, солнечные лучи благодаря преломлению в земной атмосфере «просветляют» лунную тень. Чем запыленнее слои земной атмосферы, в которых преломляются (и частично рассеиваются) солнечные лучи, тем краснее тень Земли на лунной поверхности. Замечено, что во время встречи Земли с метеорными потоками, когда крошечные метеорные тела пополняют ее пылевые запасы, земная тень на Луне становится шире и темнее. По-видимому, космическая пыль — продукт разрушения метеорных тел — скапливается обычно на высотах 100—120 км. Но во время встречи с метеорными потоками этот слой пыли расширяется вверх, что и влечет за собой как следствие, расширение земной тени.

Во-вторых, земная атмосфера не абсолютно прозрачна, и поэтому она сама отбрасывает тень на Луну. Эта атмосферная тень в виде сероватой каймы опоясывает красноватую тень твердого тела Земли. Распределение яркости в кайме земной тени, а также и другие особенности этой каймы позволяют уточнить строение и физические свойства земной атмосферы.

Когда Земля отбрасывает тень на Луну и для воображаемого лунного наблюдателя наступает длительное солнечное затмение, лунные горы быстро охлаждаются. Наоборот, когда кончается лунное затмение, температура быстро поднимается до первоначального уровня. Все это, как уже говорилось, доказывает, что лунные породы обладают очень низкой теплопроводностью. Однако в разных местностях Луны изменения температуры в ходе лунного затмения происходят по-разному. Это дает возможность выяснить, какова теплопроводность отдельных участков поверхности Луны.

Чешский астроном Ф. Линк заметил, что во время лунных затмений яркость поверхности затененной Луны иногда на 40 % превышает ту, которая получается по теоретическим расчетам. Причина этого явления в люминесценции (холодном свечении) лунных пород, вызванном ультрафиолетовым и корпускулярным излучением Солнца. Интересно, что холодное свечение не у всех лунных объектов одинаково. Лунный Океан Бурь люминесцирует, например, в красных лучах, Море Кризисов — в зеленых, Море Спокойствия — в желтых. Окраска люминесценции зависит, очевидно, от характера и состава пород, слагающих лунные моря и другие лунные объекты.

Как ни эффектны лунные затмения при наблюдениях с Земли, то, что видно в это время с Луны, трудно поддается описанию. На черном, усыпанном звездами лунном небе вместо Солнца висит огромный темный земной шар с яркой голубоватой каймой атмосферы, из-за которой видны жемчужные лучи солнечной короны. Кругом же мрачные лунные пейзажи, обгащенные кровавым отблеском земной тени.

НЕМНОГО О ПРИЛИВАХ

Дважды в сутки в земных морях и океанах наступают приливы и с той же регулярностью дважды в сутки они сменяются отливами. Причиной этих общеизвестных явлений служит притяжение, которое испытывают все части нашей планеты со стороны Луны.

Разобраться, в чем тут дело, достаточно просто. Взгляните на рисунок 9. В левой его части схематически изображена Земля с покрывающей ее твердую поверхность водной оболочкой. Для простоты дальнейших рассуждений последняя изображена сплошной.

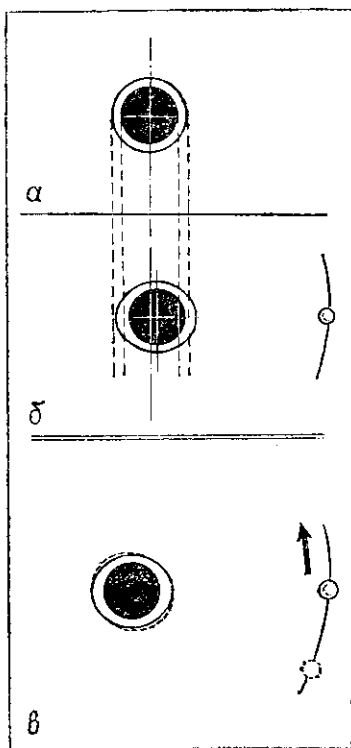


Рис. 9. Схема, поясняющая причину приливов:

а — форма водной оболочки Земли в случае, если бы Луна не существовала; б — образование приливной волны; в — смещение приливной волны при движении Луны.

смещение, испытанное «задней» частью водной оболочки, то на «тыловой» части Земли образуется второй приливной горб.

Ось приливных горбов всегда направлена к Луне. Но Земля вращается вокруг своей оси гораздо быстрее, чем Луна вокруг Земли. В результате жителям Земли кажется, что приливные горбы бегут в виде исполинских волн по поверхности Земли, порождая периодически повторяющиеся приливы.

Обратите внимание: водная оболочка Земли имеет сферическую форму. Так было бы (в первом приближении), если бы Луна вовсе не существовала.

Допустим теперь, что внезапно появилась Луна. Она притянет к себе как твердое тело Земли, так и различные части ее водной оболочки. Все эти части сместятся в направлении к Луне. Смещения будут зависеть от расстояния той или иной части Земли до центра Луны. Наибольшим ускорением и поэтому наибольшим смещением будет обладать часть водной оболочки, обращенная к Луне. Несколько меньшее смещение произойдет у твердого тела Земли, массу которого можно считать сосредоточенной в ее центре. Наконец, еще меньше сместится «задняя» часть водной оболочки.

В результате этих неодинаковых смещений водная оболочка вытянется в направлении к Луне.

Так как смещение твердого тела Земли больше, чем

Земля не абсолютно тверда. Она обладает некоторой податливостью, способностью к деформациям. Это относится не только к недрам земного шара, где вещество находится в пластическом состоянии, но и к твердой земной коре.

Под действием приливных сил Луны твердое тело Земли слегка деформируется. Оно чуть-чуть вытягивается в сторону Луны и по твердой земной поверхности медленно движется твердая приливная волна. Заметить эти твердые приливы нелегко — максимальная высота твердой приливной волны не превышает 30 см, тогда как высота морских приливов, зависящая от глубины дна, формы береговой линии и других причин, может иногда достигать 15 м и более.

Приливное воздействие других планет на Землю ничтожно мало, но зато Солнце вызывает и в гидросфере Земли и в ее твердом теле приливы, лишь в 2,2 раза уступающие по амплитуде лунным.

Ось солнечной приливной волны направлена к Солнцу, ось лунной приливной волны — к Луне. Угол между этими направлениями непрерывно меняется. Когда они совпадают (а это наступает в полнолуние и новолуние), Солнце и Луна действуют совместно и общая амплитуда лунно-солнечных приливов становится наибольшей. Наоборот, в первую и последнюю четверти Луна и Солнце действуют «вразнобой» и амплитуда приливов бывает наименьшей.

Солнечные приливы в твердом теле Земли невелики — максимальная высота твердой приливной волны, возбужденной Солнцем, не превышает 13 см. Но, действуя совместно с Луной, Солнце в полнолуние или новолуние может поднять нас на 43 см. Правда, твердые приливные волны весьма пологи и неудивительно, если большинство читателей этой книги и не подозревало, что дважды в сутки они «покачиваются» на твердых приливных волнах.

Казалось бы, приливы и отливы — чисто земное явление, и в книге, посвященной Луне, о них следует сказать мимоходом. Однако это не совсем так. В твердом теле Луны Земля возбуждает приливные волны, что неизбежно должно сказаться на эволюции системы Земля — Луна.

Есть некоторое сходство между твердым телом Земли, вращающимся как бы внутри ее водной оболочки, и колесом, сжимаемым с боков тормозными колодками. И в том и в

другом случаях происходит торможение вращающегося тела. Тормозится колесо, тормозится и Земля. Если тормоза действуют безотказно, обязательно наступит момент, когда колесо, перестав вращаться, остановится.

То же произойдет и с нашей Землей. Трение приливных волн о твердую поверхность земного шара постепенно замедляет его вращение. Пройдут «какие-нибудь» пятьдесят миллиардов лет, и Земля, как показывают расчеты, как бы остановится.

Не подумайте, что при этом наша планета перестанет вращаться вокруг своей оси. Нет, просто сутки сравняются с месяцем, точнее Земля будет постоянно обращена к Луне одной и той же стороной, и полный оборот вокруг своей оси она станет совершать за то же время, за которое Луна обернется вокруг Земли.

Спешим подчеркнуть, что в те времена месяц будет иметь иную продолжительность, чем в наши дни. Оказывается, с замедлением вращения Земли вокруг оси, т. е. с увеличением суток, Луна станет постепенно удаляться от Земли. В этом проявится один из основных законов природы — закон сохранения момента количества движения.

Для тех, кто не боится математических расчетов (а ведь астрономия — наука точная), мы можем несколько уточнить сказанное.

Моментом количества движения матерпальной точки массой m , обращающейся по круговой орбите вокруг центра O , называется произведение массы, скорости и радиуса траектории точки, т. е. mvr . Будем этот момент количества движения называть орбитальным моментом.

Нетрудно видеть, что орбитальный момент можно записать в иной форме, а именно:

$$mvr = mr^2\omega,$$

где ω — угловая скорость движения точки.

Произведение mr^2 называется моментом инерции вращающейся точки.

Представим себе шар, вращающийся вокруг некоторой оси. Он также обладает некоторым «запасом движения», который выражается вращательным моментом количества движения. Методами высшей математики можно доказать, что этот момент равен

$$\frac{2}{5}MR^2\omega,$$

где M — масса шара; R — его радиус; ω — угловая скорость его вращения.

В системе Земля — Луна общий момент количества движения остается постоянным, но он складывается из вращательных моментов Земли и Луны и орбитального момента Луны.

Если Земля станет вращаться медленно, то ее вращательный момент уменьшится. Для того чтобы общий момент количества движения остался неизменным, должен увеличиться орбитальный момент Луны (так как ее вращение происходит с постоянной угловой скоростью). Но этот орбитальный момент увеличится тогда, когда возрастет расстояние от Земли до Луны.

Вот почему, когда сутки станут равными месяцу, Луна удалится от Земли и станет обращаться вокруг Земли с периодом в сорок семь теперешних суток.

На этом, однако, история системы Земля — Луна не окончится. Земля не будет постоянно «смотреть» в «лицо» Луне, подобно зачарованному кролику, следящему за удавом.

Когда сутки сравняются с месяцем, начнет медленно, но верно действовать фактор, который в настоящее время играет второстепенную роль. Это приливы, вызываемые Солнцем в водной оболочке Земли. Солнечные приливы почти вдвое меньше лунных. Сейчас они полностью как бы скрываются за действием лунных сил. Но тогда, в ту отдаленную эпоху, будет иначе. Солнечные приливы станут единственной силой, изменяющей скорость вращения Земли. Любопытно, что их действие в сочетании с лунными приливами приведет к ускорению вращения Земли.

Сутки, достигнув максимальной продолжительности, станут укорачиваться, и, как следствие, Луна начнет приближаться к Земле.

Можно подумать, что это катастрофическое приближение нашего спутника закончится его падением на Землю. Однако, по исследованиям французского астронома Роша, гибель Луны может произойти иначе.

Ныне приливные силы со стороны Луны не настолько велики, чтобы разорвать Землю. Они вызывают лишь упругие колебания в ее твердом теле.

Иначе сложится обстановка, когда Луна подойдет к Земле ближе чем на 2,4 радиуса Земли. В этом случае приливные силы, вызванные Землей в твердом теле Луны, ста-

нут так велики, что, как доказал Рош, наш спутник может быть разорван на части.

Осколки Луны, обращаясь вокруг Земли, будут сталкиваться друг с другом и при этом дробиться на все меньшие и меньшие куски, так что в конце концов погибшая Луна должна превратиться в огромный плоский рой мельчайших, несущихся вокруг Земли частиц, кольцом охватывающих нашу планету. Земля станет похожей на Сатурн!

Какими удивительными станут тогда ночи! Огромная светящаяся дуга перекинется через небосвод. Свет от лунного кольца во много раз превзойдет освещение, создаваемое в наше время полной Луной.

Правда, все это случится не ранее чем через сотни миллиардов лет! Таковы астрономические сроки, в течение которых полностью завершится приливная эволюция системы Земля — Луна.

Нарисованная сейчас картина в действительности может, конечно, и не осуществиться. Сотни миллиардов лет — невообразимо огромный срок не только в жизни человечества и космических тел (в частности, Луны, Земли и Солнца), но даже в жизни Вселенной. Если верна теория пульсирующей Вселенной, то за сотни миллиардов лет Вселенная должна много раз пройти через состояние катастрофического, сверхплотного сжатия в комочек, несравнимо меньший, чем булавочная головка, с плотностью в 10^{93} г/см³. Кстати, такое состояние изучаемый нами мир, по-видимому, уже переживал 13 млрд. лет назад, когда не было ни звезд, ни планет, ни Земли. Впрочем, здесь мы вступаем в область чисто умозрительных гипотез, которые ни доказать, ни опровергнуть пока нечем.

Короче говоря, мы не знаем что будет со Вселенной через сотни миллиардов лет, а потому прогноз о превращении Земли в уменьшенное подобие Сатурна по меньшей мере сомнителен.

Другое дело — взгляд в прошлое. Если ныне вследствие приливной эволюции Луна удаляется от Земли, то, значит, в прошлом она была к ней ближе, чем теперь. Продолжая мысленное путешествие вспять по времени, мы в конце концов придем к выводу, что в те отдаленные времена, когда месяц продолжался около 5 теперешних часов, Луна отстояла от Земли на 150 000 км. Так может быть когда-то Луна и Земля составляли единое тело, а затем наша планета по каким-то причинам «отпочковала» Луну?

Задав этот вопрос, мы вступили в область сложных проблем, связанных с происхождением и эволюцией Луны. Здесь много спорного, нерешенного и строгие расчеты порой соседствуют с фантастикой.

ОТКУДА ВЗЯЛАСЬ ЛУНА?

Джордж Дарвин, сын великого создателя теории эволюции биосферы, в прошлом веке высказал гипотезу, долгое время казавшуюся весьма правдоподобной. По мнению Дарвина, Земля в отдаленном прошлом была массивнее теперешней и, находясь в огненно-жидком состоянии, быстро вращалась вокруг своей оси. Она при этом под действием центробежных сил была сильно сплюснута у полюсов. Солнце возбуждало в первичной Земле приливные волны. При некоторых условиях, как считал Дарвин, частота солнечных приливов могла совпасть с частотой собственных колебаний жидкой Земли. Тогда наступил резонанс, вызвавший отделение одного из приливных горбов, позже превратившегося в современную Луну.

Хотя рассуждения Дарвина были чисто качественными, не подтвержденными строгими расчетами, его гипотеза подкупала своей простотой и внешней убедительностью. Некоторые из восторженных поклонников Дарвина указывали даже на впадину Тихого океана, как тот «шрам» в теле Земли, который остался после рождения ее спутника.

В последнее время (с 1963 г.) некоторые зарубежные ученые (Уайз, О'Киф, Робертс и др.) попытались подвести под гипотезу Дарвина современное математическое обоснование. Сплюснутый шар (сфероид) — далеко не единственная фигура равновесия вращающегося жидкого тела. Как показали исследования Якоби и Пуанкаре, такими «равновесными» формами могут быть и трехосный эллипсоид и даже грушевидное тело, называемое а п и о и д о м. Первоначально огненно-жидкая Земля постепенно охлаждалась и сжималась, и поэтому скорость ее осевого вращения непрерывно возрастала. Значит, Земля из шара превратилась в сфероид, а затем в трехосный эллипсоид и апионид. Для нарушения устойчивости последнего достаточно небольшие внешние воздействия, напромер со стороны Солнца. Вероятно, они и были причиной, по которой перемишка неустойчивого грушевидного апиоида порвалась и первичная Земля разделась на два тела неравной массы. Заме-

тим, что в этой модернизированной форме гипотезы Дарвина каждый шаг эволюции первичной Земли (до отделения Луны) может быть подтвержден математическими расчетами. Однако сам механизм отделения Луны от Земли количественно обосновать пока не удалось.

Можно подсчитать, что первичная Земля, масса которой на 1,3% была больше современной, вращалась вокруг оси с периодом 5 ч. Для «неустойчивости» же первичной Земли и приобретения ею апиодной формы требуется период, почти вдвое меньший. С другой стороны, если бы даже Земля стала апиодом, то при разделении последнего на два тела спутник по теории должен быть во много раз массивнее реальной Луны. Кроме того, недавние исследования дна Тихого океана показали, что оно ничем особенным не отличается от дна других земных океанов, а поэтому приписывать Тихому океану какое-то особое происхождение нет никаких оснований. К тому же лунные и земные базальты по химическому составу настолько различны, что они не могли сформироваться на одном космическом теле, как было бы, если бы Луна была отделившимся «куском» земного шара. Есть и другие трудности, преодолеть которые модернизированная гипотеза Дарвина оказалась не в состоянии.

Когда в послевоенные годы широкую популярность приобрела гипотеза О. Ю. Шмидта, считавшего планеты и спутники первично холодными конденсациями газопылевого облака, когда-то окружавшего Солнце, были предприняты попытки в рамках этой гипотезы вполне конкретно объяснить происхождение уникальной двойной планеты Земля — Луна. Наиболее обстоятельно эта тема была разработана Б. Ю. Левиным и Е. Л. Рускол. В согласии с гипотезой Шмидта возникновение Луны можно, по их мнению, объяснить следующим образом.

Когда, «слипаясь» из частиц протопланетного облака, Земля по массе стала вдвое меньше современной, ее окружал рой из множества частиц, которые, двигаясь вокруг Земли по различным орбитам, сталкивались между собой, теряли при этом часть энергии и в конце концов объединялись друг с другом. По соседству с Землей стал расти второй сгусток вещества — будущая Луна. Формирование Земли и Луны закончилось почти одновременно — Луна если и моложе Земли, то всего на какие-нибудь 100—200 млн. лет. Сам же процесс формирования Луны по расчетам Е. Л. Рускол занял примерно 200 млн. лет.

Когда Луна окончательно сформировалась, внутри нее за счет радиоактивного распада сосредоточенных там веществ начался разогрев, при котором легкоплавкие породы перешли в жидкое состояние. Тяжелые тугоплавкие породы опускались в недра Луны, вытесняя на ее поверхность легкоплавкие вещества. Из очагов радиоактивного расплава на лунную поверхность выделялась лава. Но уже 3,5 млрд. лет назад радиоактивных веществ на Луне стало мало, ее разогрев практически прекратился и к настоящему времени слои Луны до глубины 500—700 км полностью остыли. Формирование же лунного рельефа, по мнению Б. Ю. Левина, вызвано почти исключительно внешними причинами — ударами метеоритов¹.

Нарисованная картина образования Луны из околоземного пылевого роя, возможно, соответствует действительности. Однако, судя по некоторым данным, полученным средствами космонавтики, Луна в самом начале своего существования была горячей и важным фактором, обусловившим современный облик Луны, является весьма активная в прошлом и, по-видимому, непрекратившаяся ныне вулканическая и тектоническая активность лунных недр. С другой стороны, непонятно, почему Земля и Луна, сформировавшись практически одновременно, в одном и том же районе Солнечной системы, из одной и той же части протоплазменного облака, имеют столь разную среднюю плотность. Наконец, в расчетах Е. Л. Рускол есть немало упрощенных и произвольных допущений, подчас весьма искусственных, на которых, однако, и она и Б. Ю. Левин строят далеко идущие выводы. Все это и в особенности резкие отличия Луны от Земли (по составу, строению и другим признакам) заставили некоторых исследователей (Альфена, Юри, Герстенкорна, Бопева и др.) предположить, что когда-то Луна была самостоятельной планетой, захваченной затем Землей на современную орбиту. Правдоподобно ли это несколько необычное предположение?

Если бы, кроме Луны и Земли, никаких других космических тел не существовало, захват Луны Землей, иначе говоря, переход Луны с параболической или гиперболической орбиты на эллиптическую, был бы невозможен. В такой «задаче двух тел», как ее именуют в небесной механике,

¹ Подробнее см. статьи Левина Б. Ю. и Рускол Е. Л. в сборнике «Новое о Луне». М., 1963.

относительные орбиты тел могут быть только одним из конических сечений, т. е. эллипсом, гиперболой или параболой. Чтобы перейти с гиперболической¹ орбиты на эллиптическую, Луна в момент сближения с Землей должна куда-то отдать избыток энергии. В классической идеализированной задаче двух тел, считаемых материальными точками, такая «отдача» невозможна. Другое дело — реальная обстановка в космосе. По мнению Г. Юри и других ученых, сблизившись с Землей, Луна возбудила в гидросфере Земли приливные волны и избыток ее кинетической энергии мог уйти на приливное трение земных приливов. Уточняя эту идею, Герстенкорн предположил, что Луна, захваченная Землей, первоначально обращалась вокруг нее по сильно вытянутой орбите и в обратном направлении. Приливное трение постепенно приблизило Луну к Земле. При этом орбита Луны становилась все менее и менее вытянутой, а ее наклонение увеличивалось. Наконец, когда оба тела сблизились до расстояния в несколько тысяч километров, орбита Луны прошла над полюсами Земли и движение Луны стало прямым. Эта перемена обстоятельств сказалась и на приливной эволюции — Луна стала удаляться от Земли, а Земля — замедлять скорость своего вращения. Схема, предложенная Герстенкорном, не во всем, однако, безупречна. Количественно она не в состоянии объяснить избыток кинетической энергии в системе Земля — Луна без дополнительных, достаточно искусственных предположений.

Болгарский астроном Бонев предположил, что в эпоху сближения Луны и Земли на Луне происходили сильнейшие вулканические извержения. Одно из них, сопровождавшееся выбросом большого количества вещества со скоростью порядка 3—5 км/сек, сыграло роль реактивного тормоза. Оно «сбило» избыток кинетической энергии Луны и облегчило тем самым ее захват Землей.

Остроумная гипотеза Бонева, к сожалению, требует одновременного сочетания многих благоприятных обстоятельств. Извержение должно произойти в удачный момент и затормозить Луну в нужной степени и в подходящем направлении. Все это, принципиально говоря, возможно, но очень маловероятно.

¹ Практически в «задаче двух тел» круговые и параболические орбиты отсутствуют.

Следует признать, что с количественной стороны гипотеза захвата разработана пока плохо. Между тем она была бы весьма полезной для объяснения происхождения не только Луны, но и ряда спутников других планет, также, может быть, захваченных когда-то этими планетами.

Американский астроном Р. Болдуин пишет, что если Луна была некогда астероидом с начальным средним расстоянием от Солнца порядка $2,8 \text{ а. е.}$, то в результате возмущений ее орбита могла приобрести эксцентриситет примерно 0,8 и захват мог произойти. Энергия, которая рассеялась бы при захвате Луны Землей, равнялась бы примерно $2 \cdot 10^{12} \text{ эрг/г}$ для Луны или $2,5 \cdot 10^{10} \text{ эрг/г}$ для Земли¹. По мнению Болдуина, это количество энергии могло быть рассеяно приливным трением, которое, подобно тормозным колодкам, нагрело бы Землю до высокой температуры. Было ли это на самом деле когда-нибудь в прошлом, мы не знаем.

Недавние исследования Луны и Марса навели автора этих строк на размышления, быть может, небезынтересные для читателя. Создается впечатление, что сходство Марса и Луны не только внешнее. Не исключено, что судьба обоих космических тел была сходной. Говоря яснее, события далекого прошлого Солнечной системы можно представить, например, так.

Когда-то на месте пояса астероидов вокруг Солнца на расстоянии $2,8 \text{ а. е.}$ обращалась крупная планета, по размерам сравнимая с Марсом, а может быть, и с Землей. По инициативе советского астронома С. В. Орлова, эту гипотетическую планету в 1949 г. назвали Фаэтоном. Хотя гипотеза о существовании Фаэтона была выдвинута еще в начале прошлого века Ф. Ольберсом, некоторые исследователи до сих пор придерживаются той точки зрения, что в этой области Солнечной системы всегда существовали только небольшие астероидоподобные тела. Между тем можно привести немало аргументов в пользу того, что когда-то планета Фаэтон действительно существовала².

Допустим, что в треугольных точках либрации орбиты Фаэтона вокруг Солнца двигались еще две планеты — Луна и Марс. Вместе с Фаэтоном и Солнцем они образовывали динамически устойчивую систему тригональных планет.

¹ См.: Болдуин Р. Что мы знаем о Луне? М., 1967.

² Подробнее см. Зигель Ф. Ю. Малые планеты. М., 1969.

В ту пору и Марс и Луна обладали и плотными атмосферами и обильными гидросферами. Следы сильной водной эрозии (русла бывших рек) открыты недавно не только на Марсе, но, возможно, и на Луне (имеются в виду многочисленные извилистые бороздки, сфотографированные спутниками Луны «Лунар Орбитер»).

Заметим, что гипотезу о бывших лунных реках и обильной лунной гидросфере защищает не только Г. Юрп, но и ряд других зарубежных ученых. Они ссылаются при этом на удивительную форму недавно открытых лунных борозд, тянущихся иногда на сотни километров (при ширине в несколько километров) и напоминающих своими изгибами речные меандры.

У Луны ныне практически нет атмосферы. Однако она вполне могла бы существовать, если бы Луна находилась дальше от Солнца, в более холодных областях Солнечной системы. Масса Луны для этого вполне достаточна, а пример галлеевых спутников Юпитера, окруженных атмосферами, достаточно убедителен.

В еще большей степени эти аргументы относятся к Марсу, телу более массивному, чем Луна. На орбите Фаэтона и Марс и Луна, повторяем, могли обладать атмосферами и гидросферами.

По каким-то не вполне ясным причинам с планетой Фаэтон произошла катастрофа — она распалась на части, которые, сталкиваясь и дробясь, постепенно превратились в современный пояс астероидов. Причины распада Фаэтона могли быть разными. В прошлом вулканизм на телах Солнечной системы отличался, по-видимому, большей мощностью, чем ныне. Не исключено, что распад Фаэтона был вызван взрывными вулканическими процессами. С другой стороны, есть некоторые намеки на то, что в катастрофе, происшедшей с Фаэтоном, замешаны какие-то ядерные процессы.

Как бы там ни было, Фаэтон распался и этим нарушилась устойчивость системы тригональных планет. Внешние возмущения заставили Луну и Марс сойти с орбиты Фаэтона и в конце концов водвориться на современные орбиты.

Новое положение Луны и Марса тотчас же сказалось на их атмосферах. Они разогрелись, средняя кинетическая энергия молекул составляющих их газов возросла. В результате за короткие в астрономических масштабах сроки легкие газы из атмосферы Марса улетучились и марсианская атмосфера стала сильно разреженной, а у Луны она

и вовсе исчезла. На современном Марсе (не говоря о Луне) вода в жидком состоянии существовать не может — она быстро испаряется и улетучивается в мировое пространство. Поэтому на Марсе ныне нет ни рек, ни озер, ни тем более морей в земном смысле этого слова. Остался лишь лед и иней в полярных шапках Марса да некоторое незначительное количество водяных паров в его атмосфере. Впрочем, на Марсе под поверхностью, прикрытые от солнечного излучения, могли сохраниться значительные количества льда. Не исключено, что на этих телах есть и жидкие, подповерхностные, ювенильные воды. Если это так, то для будущих лунных поселений воду можно добывать на месте, а не доставлять с Земли, что громоздко и дорого.

Если Марс и Луна в прошлом имели обильные гидросферы, то возможно, что на них существовала жизнь. Может быть, какие-то ее формы сохранились и до сих пор. Решение этой проблемы составляет одну из самых увлекательных задач будущих исследований Луны и Марса.

Любопытно, что в преданиях многих древних народов говорится о «допотопных» временах, когда на земном небе еще не было Луны. Примерно около 13000 лет назад на Земле произошли грандиозные катастрофы — затопление больших пространств суши, гибель легендарной Атлантиды, изменение морских течений и т. п.¹ Не связаны ли все эти катаклизмы с водворением Луны на ее современную орбиту, с теми приливами, которые она вызвала в гидросфере и твердом теле Земли? Такой точки зрения придерживался австрийский ученый Г. Гербирер, имевший и последователей.

Автор, конечно, отдаст себе отчет в том, что все сказанное о тригональных планетах и происхождении Луны не более, чем одна из возможных гипотез. Но она, объясняя в известной мере новые данные о прошлом Луны и Марса, все же, вероятно, заслуживает внимания и обсуждения.

Разумеется, вопрос, которым начата эта глава («Откуда взялась Луна?»), принадлежит к числу тех «детских» вопросов, на которые дать ответ очень трудно. Сознаемся, что настоящий ответ нам еще не известен. Но существование Луны, повторяем, бросает вызов науке. Надо непременно разгадать, откуда взялось по соседству с нами это необычное и очень интересное космическое тело.

¹ Подробнее см. Горбовский А. Загадки древнейшей истории. М., 1971.

ПЕЙЗАЖИ СОСЕДНЕГО МИРА

Я вне себя от изумления, так как уже успел убедиться, что Луна представляет собой тело, подобное Земле.

Галилео Галилей

ИЗ ИСТОРИИ СЕЛЕНОГРАФИИ

Глаз различает на лунной поверхности сероватые пятна, при любой фазе Луны сохраняющие неизменными свои очертания. Этот факт, вызванный синхронностью осевого вращения Луны и ее обращения вокруг Земли, несомненно, был известен еще в глубокой древности. Вероятно, первые зарисовки Луны, не дошедшие до нас, изображали некое подобие человеческого лица — полная Луна и в самом деле несколько напоминает добродушную физиономию. Впрочем, иные видели на Луне силуэты каких-то животных, а в средневековые религиозно настроенные и отличавшиеся богатым воображением звездочеты уверяли, что на Луне запечатлены фигуры Иуды и Каина.

Умозрительные высказывания некоторых древних философов показывают, что уже в те времена Луна считалась соседним миром, похожим на Землю и даже населенным разумными существами — селенитами. Александрийский философ Прокл (V в. до н. э.) утверждал, что на Луне «возвышаются многочисленные горы и помещается большое количество городов и жилищ». Еще смелее высказывались Пифагор (VI в. до н. э.) и его последователи, заявлявшие, что «Луна есть Земля, подобная обитаемой нами, но с той разницей, что она населена животными гораздо большими и деревьями гораздо лучшими: лунные существа своим ростом и силой в пятнадцать раз превосходят земные». Некоторые же из древних мыслителей (например, Аристотель)

считали Луну небесным зеркалом, отражавшим земной рельеф.

Селенография, как наука о лунной поверхности, зародилась осенью 1609 г., когда великий итальянский ученый Галилео Галилей впервые направил на Луну построенный им телескоп и увидел удивительные детали лунной поверхности, недоступные невооруженному глазу. Соседний мир действительно оказался гористой

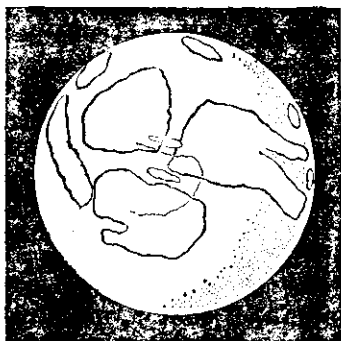


Рис. 10. Карта Луны Джильберта.

страной со множеством невиданных на Земле кольцеобразных гор. В «Звездном Вестнике», изданном в марте 1610 г., Галилей писал:

«Из наблюдений, неоднократно повторенных, мы пришли к заключению, что поверхность Луны не гладкая и не ровная и не в совершенстве сферическая, как полагал в отношении ее великий легион философов, а, напротив того, перовная, шероховатая, испещренная углублениями и возвышенностями, наподобие поверхности Земли».

В «Звездном Вестнике» были помещены все пять рисунков Луны. Это были отдельные зарисовки первооткрывателя, еще не стремившегося составить карту лунной поверхности. Такая карта была составлена и опубликована в 1619 г. астрономом-иезуитом П. Шейнером, оппонентом Галилея в споре о природе солнечных пятен. Надо заметить, что еще в конце XVI в. до изобретения телескопа первая, правда очень неточная, карта Луны была составлена английским исследователем Джильбертом (рис. 10).

На карте Шейнера, изображавшей Луну в фазе первой четверти, нанесен ряд легко отождествляемых деталей (моря и кратеры), хотя качество их изображения оставляет желать лучшего. Из современников Галилея следует отметить Лангрена, в 1645 г. опубликовавшего вполне удовлетворительную по качеству полную карту видимого полушария Луны.

Гданьский астроном Ян Гевелий, работавший с телескопом длиной 49 м (1), одним из тех «оптических динозавров».

которые приходилось строить для уменьшения искажений, создаваемых весьма несовершенной оптикой, в обстоятельной книге под названием «Селенография», поместил много зарисовок Луны в разных ее фазах. Стоит упомянуть, что Гевелий во избежание ошибок сам гравировал медные пластинки, с которых печатались рисунки Луны.

Современная номенклатура лунных образований имеет истоком книгу Гевелия, где гданьский астроном впервые дал наименование некоторым из лунных гор (Апеннины, Карпаты, Кавказ и др.).

Астроном-иезуит Риччиоли продолжил то, что начал Гевелий. В 1651 г. в книге «Новый Альмагест» Риччиоли опубликовал новые карты Луны, на которых около 200 лунных объектов получили наименования, сохранившиеся до наших дней. Темным пятнам Риччиоли присвоил преимущественно «метеорологические» названия, не имеющие ничего общего с физической природой этих образований (Океан Бурь, Море Дождей, Залив Радуги, Болото Туманов и т. п.). В этих наименованиях отражено господствующее в ту эпоху мнение, что фазы Луны оказывают влияние на погоду. Кольцеобразные же горы Риччиоли назвал именами выдающихся людей — ученых, философов, общественных и политических деятелей. К сожалению, верный член общества Иисуса проявил здесь явную тенденциозность — он перенес на Луну земные страсти. Выполняя волю отцов-иезуитов, Риччиоли назвал именем великого Галилея крохотный кратер диаметром 16 км, а для Джордано Бруно на Луне и вовсе не нашлось объекта, заслуживающего имени этого великого борца за научную истину. Зато в южном полушарии Луны один из крупнейших лунных кратеров площадью более 41 000 км² Риччиоли назвал Клавием — давно забытым и ничем не замечательным астрономом-иезуитом. Не забыл Риччиоли и себя — до сих пор на краю видимого лунного диска выделяется огромный кратер Риччиоли диаметром 158 км.

В XVIII в. заметным событием в селенографии стала публикация Т. Майером подробной лунной карты, составленной на основе измерений координат отдельных деталей лунной поверхности. Впервые на лунной карте появилась координатная сетка, а изображения лунных объектов стали более точными.

В прошлом веке соотечественники Майера, немецкие астрономы Бер и Медлер составили крупную (диаметром

почти 1 м) и очень подробную карту Луны. На ней нанесены все детали, которые можно рассмотреть в четырехдюймовый рефрактор. Еще подробнее стала карта Шмидта диаметром около двух метров, опубликованная в Берлине в 1878 г. Она разбита на 25 секций и на ней запечатлены более 33000 деталей. До сих пор карта Шмидта считается лучшей из всех карт, составленных на основе визуальных наблюдений.

Фотография облегчила изучение рельефа Луны. В 1897 г. Парижская обсерватория выпустила первый, прекрасно выполненный фотографический атлас Луны, а в 1904 г. американский астроном В. Пиккеринг опубликовал второй лунный фотографический атлас, не уступающий по качеству первому.

Лишь в 1960 г. астрономам удалось создать нечто лучшее. Речь идет о фотоатласе Луны, составленном под редакцией американского астронома Д. Койпера. Он содержит 280 карт 44 участков Луны. Масштаб атласа Койпера 1 : 1 400 000, так что на снимках этого атласа различимы детали до 800 м в поперечнике.

Следует заметить, что Лунопланетная лаборатория Аризонского университета, которой руководил Койпер, за последние годы опубликовала высокоточные лунные атласы, каталоги, карты-схемы, представляющие собой значительный вклад в селенографию.

Более подробные снимки поверхности Луны были получены уже с космических летательных аппаратов.

Сначала советские (в 1959 г.), а затем американские межпланетные автоматические станции сфотографировали видимое с Земли полушарие Луны. В 1960 г. в СССР был издан «Атлас обратной стороны Луны», а позже опубликована полная карта всей лунной поверхности. Вошли в научный обиход и лунные глобусы, основанные на современных снимках Луны.

Ныне на подробных картах Луны зафиксировано более 35 000 крупных и около 200 000 мелких деталей.

В 1970 г. были присвоены наименования 513 образованиям обратной стороны Луны, в 1973 г. — еще 50 лунным объектам. Таким образом все наиболее крупные детали обратной стороны Луны ныне имеют официальные наименования. Селенография продолжает развиваться в новых условиях, когда на Луне работают космонавты и автоматы. Это постоянно обогащает селенографию новыми фактами.

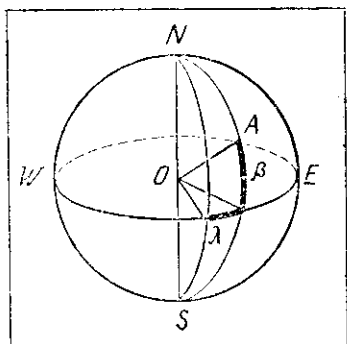


Рис. 11. Селенографические координаты.

Она со временем станет такой же широко развитой и многоплановой наукой, как география.

В заключение этого краткого экскурса в историю селенографии познакомим читателя с селенографическими координатами, употребляемыми в современной селенографии (рис. 11).

Воображаемая сетка лунных координат вполне подобна географической. Основными опорными точками для нее

служат два полюса Луны, через которые проходит воображаемая лунная ось, и лунный экватор, все точки которого равноудалены от лунных полюсов. Большие круги, проходящие через лунные полюсы, называются лунными меридианами, а малые круги, параллельные экватору, — лунными параллелями.

Еще в 1749 г. по предложению Т. Майера за начальный лунный меридиан был принят тот, который лежит рядом с кратером Местинг А — заметной точкой в центре лунного диска. Заметим, что из-за либрации центральный меридиан не всегда проходит через видимый центр лунного диска, а иногда уклоняется от него к востоку или западу не более, чем на 7° . Кстати, восточным считается направление от начального лунного меридиана в сторону Моря Кризисов, а западным — в сторону Океана Бурь.

Селенографической долготой λ (см. рис. 11) называется двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данный пункт А лунной поверхности. Долгота считается положительной в западной половине видимого лунного диска и отрицательной — в восточной.

Селенографическая широта β — это угол между радиусом Луны, проведенным из ее центра в данный пункт лунной поверхности, и плоскостью лунного экватора. Она считается положительной к северу от экватора и отрицательной к югу. Ясно, что селенографические координаты похожи на географические.

Лунные карты часто даются в ортографической проекции, суть которой понятна из рисунка 12. Ортографическая проекция придает карте облик, соответствующий тому, что на самом деле видит наблюдатель на Луне. При этом следует учесть, что краевые зоны Луны, близкие к лимбу, получаются сильно искаженными из-за «пseudачной» проекции.

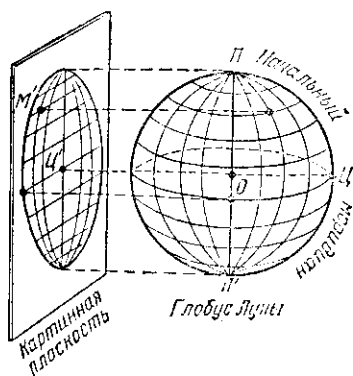


Рис. 12. Ортографическая проекция.

Истинный облик лунных образований хорошо различим на лунных глобусах, в частности тех, которые предназначены для школ. Мы рекомендуем читателю ознакомиться с литературой, указанной в конце книги, и изучить главнейшие из лунных образований. Невооруженному глазу доступны все лунные моря, в бинокль видны некоторые горные цепи и кратеры, в телескоп, даже небольшой, Луна представляет собой удивительное по красоте зрелище. Если у вас есть телескоп, изучение топографии Луны станет для вас не только полезным, но и приятным делом. Инструкция к такого рода наблюдениям дана в книге Ф. Ю. Зигеля «Сокровища звездного неба» (М., 1976).

Для начала непосредственного знакомства с Луной запомните хотя бы главнейшие из лунных морей (рис. 13). Как уже говорилось, полная Луна напоминает добродушную физиономию толстяка. Если принять эту аналогию как самое грубое, первое приближение к истинной картине распределения темных пятен на лунном диске, то тогда легко запомнить главные из лунных морей.

Правый «глаз» Луны — Море Дождей, а темная правая «щека» — Океан Бурь. Левый «глаз» нашего естественного спутника — Море Спокойствия вместе с Морями Изобилия и Нектара. «Бровь» над левым «глазом» — овальное Море Кризисов, а «бровь» над правым глазом — Море Холода. Наконец, «переносица» Луны отмечена почти круглым Морем Ясности.

Рассмотрите внимательно карту морей луны (рис. 13), а затем попробуйте отыскать все детали этой карты сначала



Рис. 13. Карта морей Луны (изображение прямое).
Цифрами обозначены:

1 — Море Гумбольдта; 2 — Красное Море; 3 — Южное Море; 4 — Море Кризисов; 5a — Море Волн; 56 — Море Пены; 6 — Море Изобилии; 7 — Море Спокойствия; 8 — Болото Солнечное; 9 — Море Нектара; 10 — Море Ясности; 11 — Озеро Смерти; 12 — Озеро Сновидений; 13 — Море Холода; 14 — Море Паров; 15 — Залив Зноя; 16 — Залив Средний; 17 — Болото Гнилое; 18 — Болото Туманное; 19 — Море Дождей; 20 — Залив Радуги; 21 — Океан Бурь; 22 — Залив Росы; 23 — Море Облаков; 24 — Море Влажности; 25 — Море Смирты; 26 — Море Новое; 27 — Море Восточное.

ла на фотоснимке полной Луны, а затем и на самой Луне.

Для этой цели призматический бинокль очень бы пригодился — в него лунные моря видны гораздо четче, чем невооруженным глазом.

ФОРМЫ ЛУННОГО РЕЛЬЕФА

Лунные моря — самые крупные и заметные детали лунного рельефа. Очертания их границ («берегов») в большинстве случаев округлые, а поперечники некоторых лунных морей близки к 700—900 км. Среди «круговых», или, как их еще называют, кратерных, морей наибольшими размерами отличаются Море Дождей, Море Ясности, Море Влажности, Море Нектара и Море Кризисов. К числу кратерных морей принадлежит и Море Москвы на обратной стороне Луны. На границе видимого и невидимого полушария Луны земному наблюдателю частично видны кратерное Море Смита и некоторые еще меньшие кратерные моря.

Характерно, что каждое кратерное море полностью или частично окружено гористым берегом, напоминающим вал лунного кратера. Сходство здесь не только внешнее. Существует почти непрерывный переход от огромного Моря Дождей с поперечником, близким к 700 км, к таким кратерам с темным дном, как, например, О. Струве (диаметр 255 км) или Гримальди (диаметр 192 км). Ничто по существу не мешает назвать, скажем, Гримальди маленьким кратерным морем или, наоборот, Море Дождей — исполинским кратером. Несомненно, что и те и другие образования имеют общую природу и происхождение. У единственного лунного океана (Океан Бурь) очертания неправильны, как и у некоторых лунных морей (например, Море Спокойствия, Море Красное и др.). Как и кратерные моря, эти образования представляют собой те части лунной поверхности, где когда-то (для разных морей в разные эпохи) из недр Луны излилась лава. По существу каждое из лунных морей действительно в прошлом было расплавленным лавовым морем. Напомним, что магмой геологи называют глубинные массы минеральных и летучих веществ, находящиеся в состоянии расплава. Лавой называют магму, извергнутую на поверхность и потерявшую при этом большую часть летучих веществ. Застывшая лава имеет более темную окраску, чем остальная лунная поверхность. Этим и объясняется серовато-коричневатый оттенок лунных морей.

Заливы и озера на Луне — это части лунных морей, выделенные иногда весьма условно. Творчество в этой области отнюдь не завершено. Недавно, по предложению американских ученых, та часть Моря Облаков, где прилунилась меж-

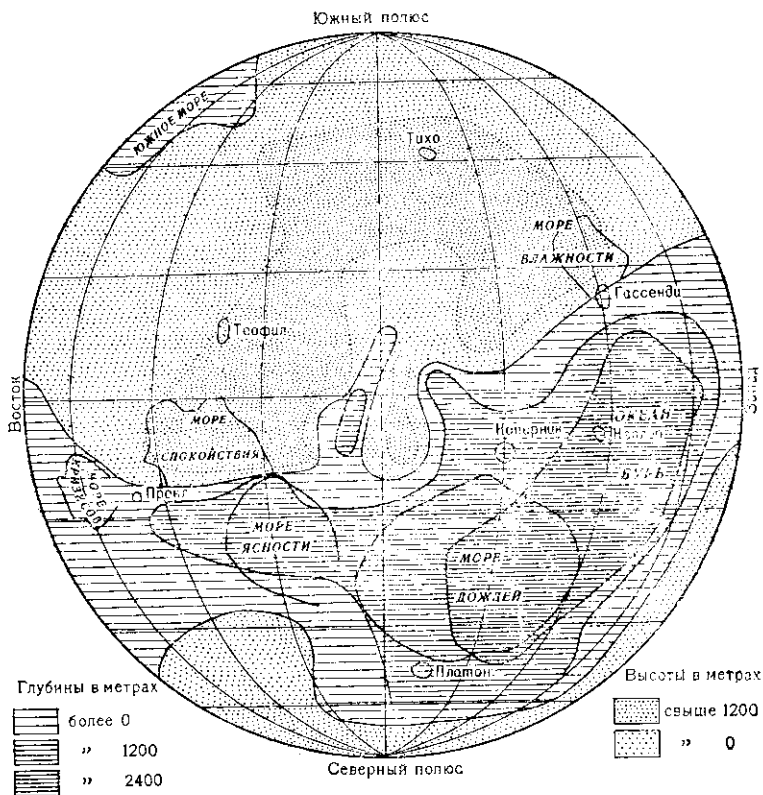


Рис. 14. Карта высот и понижений на лунной поверхности (изображение обратное).

планетная автоматическая станция «Рейнджер-7», была названа Морем Познанным.

Для того чтобы охарактеризовать высоты и глубины отдельных точек лунной поверхности, в селенографии введена некоторая условная средняя лунная сфера, радиус которой равен 1738 км. Считается, что все точки поверхности этой сферы имеют высоту (и глубину), равную нулю. Поэтому в дальнейшем читатель должен иметь в виду, что все глубины и высоты вычисляются по отношению к воображаемой средней лунной сфере. На карте высот и глубин лунной поверхности (рис. 14) видно, что лунные моря в целом представля-

ют собой впадины, депрессии в отличие от остальной части поверхности Луны, условно именуемой сушей. Впрочем, и здесь немало условностей.

Самые большие глубины (около 4 км) находятся в Окее Бурь. Море Ясности и Море Дождей в среднем имеют глубину около 2 км, а Море Облаков — около 1 км. Примерно так же мелки, как и Море Облаков, крупные лунные моря, например, Море Спокойствия и Море Ясности. А залив Зноя в северной части Моря Облаков расположен на высоте 3 км.

Что касается суши, или, как еще иначе говорят, материковой части Луны, то наибольшие высоты (около 10 км) встречаются в районе южного полюса Луны. В целом южная половина видимого диска Луны материковая, в значительной доле имеющая высоту более 1 км, а в северной половине лунного диска сосредоточены лунные моря.

Та затвердевшая лавовая корка, которая образовала дно современных лунных морей, в разных местах имеет разную толщину. Иногда над уровнем лунного моря высывается полузатопленный лунный кратер. Толщина затвердевшей лавы здесь вряд ли превышает 1 км. В других местах лавовая корка так тонка, что сквозь нее явственно просвечивает вал затопленного кратера. Кстати сказать, такие не отбрасывающие теней затопленные глубоко лунные кратеры называются кратерами-фантомами или кратерами-призраками. В других местах застывшие лавовые потоки почти бесследно скрыли под собой затопленный и полуразрушенный древний лунный рельеф.

На поверхности лунных морей при удачных условиях освещения легко заметить извилистые возвышения, именуемые валами. Высота этих пологих возвышенностей над уровнем моря не превосходит 100—300 м, но протяженность их иногда значительна (сотни километров). По внешнему виду валы несколько напоминают веревки. Вероятно, они образовались при сжатии густеющего лавового моря (известно, что лава при затвердевании сжимается примерно на 10%)

Во многих местах в ходе эволюции Луны ее твердая поверхность растрескивалась, образуя многочисленные тектонические разломы в виде так называемых лунных трещин (рис. 15). Эти образования встречаются и на морях и на суше. В среднем длина крупных трещин близка к 100—120 км при ширине и глубине в сотни метров.

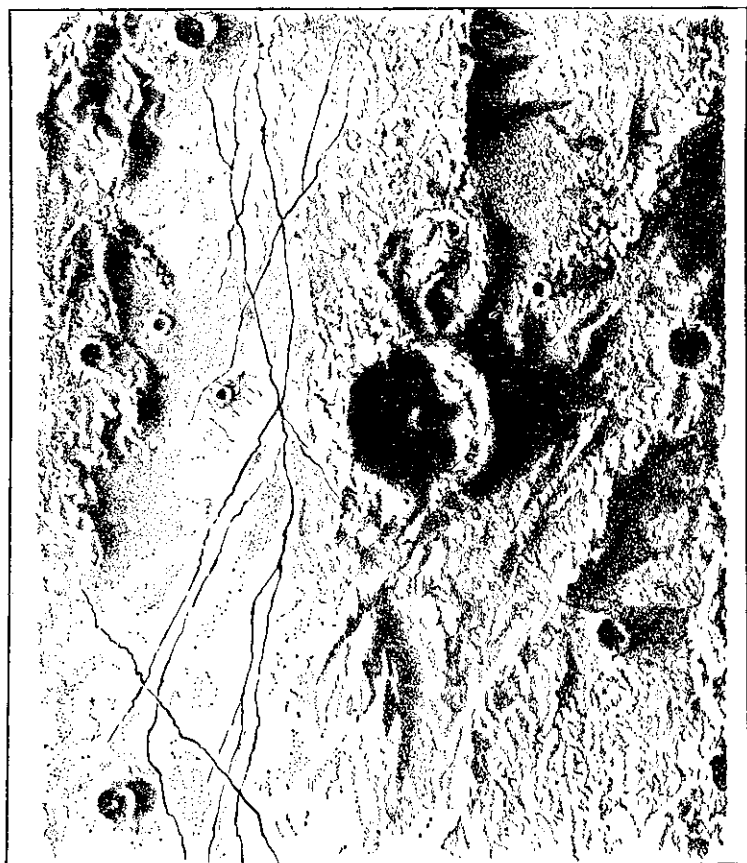


Рис. 15. Лунные трещины в окрестности кратера Триснеккер.

Самая заметная линия разлома на Луне — знаменитая Долина Альп, прорезающая лунный альпийский хребет. При длине более 120 км и ширине 10—15 км она имеет сравнительно гладкое дно и крутые, обрывистые берега.

Одна из трещин, расположенных вблизи кратера Триснеккер, в длину достигает 350 км, а в разрезе похожа на глубокий клинообразный земной каньон. Любопытна по своей форме, напоминающей букву W, трещина Геродот, выходящая из одноименного кратера.

В отличие от трещин лунные борозды внешне несколько напоминают русла бывших рек. Они сравнительно неглубоки, извилисты, их дно плоское, а не клиновидное, как у большинства трещин, берега сглажены. Большое количество борозд зафиксировано на снимках Луны, полученных с ее искусственных спутников. Иногда борозды начинаются в кратерах, но часто их начало проследить не удается. Борозды тянутся в длину на сотни километров, а их изгибы напоминают речные меандры. В прошлом веке ряд астрономов считали борозды руслами бывших лунных рек. В последние годы эта, казалось бы, явно несостоятельная гипотеза нашла себе многих сторонников. По их мнению, Луна когда-то обладала гидросферой и по лунным бороздам текли настоящие лунные реки. Вероятно, эти споры решит какой-нибудь прямой эксперимент. Если в лунных бороздах обнаружат осадочные породы, гипотеза о лунных реках подтвердится. В противном случае загадка лунных борозд потребует каких-то иных объяснений.

Судя по последним данным, лунные борозды, возможно, представляют собой частично разрушенные лавовые «трубки» — полустертые временем следы лавовых потоков.

В нескольких местах Луны видны типичные сбросовые образования, когда при разломе лунной поверхности одна ее часть смещается по вертикали относительно другой. Классический пример — Прямая Стена в лунном Море Облаков (рис. 16). Ее высота близка к 400 м, а тянется она в длину более чем на 100 км, так что космонавту, оказавшемуся вблизи Прямой Стены, она покажется образованием величественным и необычным.

Загадочными деталями лунного рельефа являются так называемые купола. Они замечены только на поверхности морей в виде небольших, гладких пупырышек. Диаметр куполов в среднем близок к 15 км, а высота их не превосходит нескольких сотен метров. Эти холмы из затвердевшей лавы покрыты многочисленными трещинами и неровностями. У некоторых из них на вершине видно отверстие, и это заставило ряд ученых предположить, что купола образовались в тех местах лунной поверхности, где из лунных недр извергалась лава. Другие исследователи Луны указывают на сходство лунных куполов с некоторыми образованиями, встречающимися на Земле в районах вечной мерзлоты. Если внутри куполов на самом деле находится вспучившийся их лед, то для будущих лунных экспедиций это име-

до бы огромное значение — вода на Луне очень нужна для систем жизнеобеспечения и других целей.

Лунные горы представлены в двух формах: протяженные горные хребты, окаймляющие берега большинства морей, и многочисленные кольцевые горы, именуемые кратерами. Можно думать, что такое разделение условно. Горные хребты представляют собой, по-видимому, вал, окаймляющий море, и в этом отношении (а также и морфологически) вполне сходны с валами обычных кратеров (рис. 17). Поэтому вряд ли чересчур смелым будет утверждение, что на Луне (в отличие от Земли) главной формой рельефа явля-

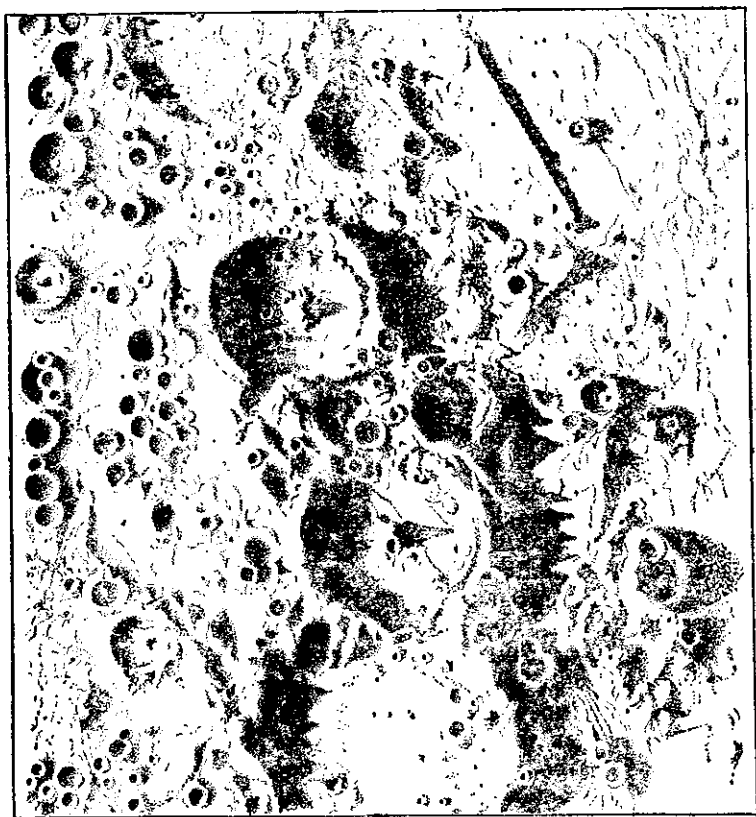


Рис. 16. Прямая Стена в лунном Море Облаков.

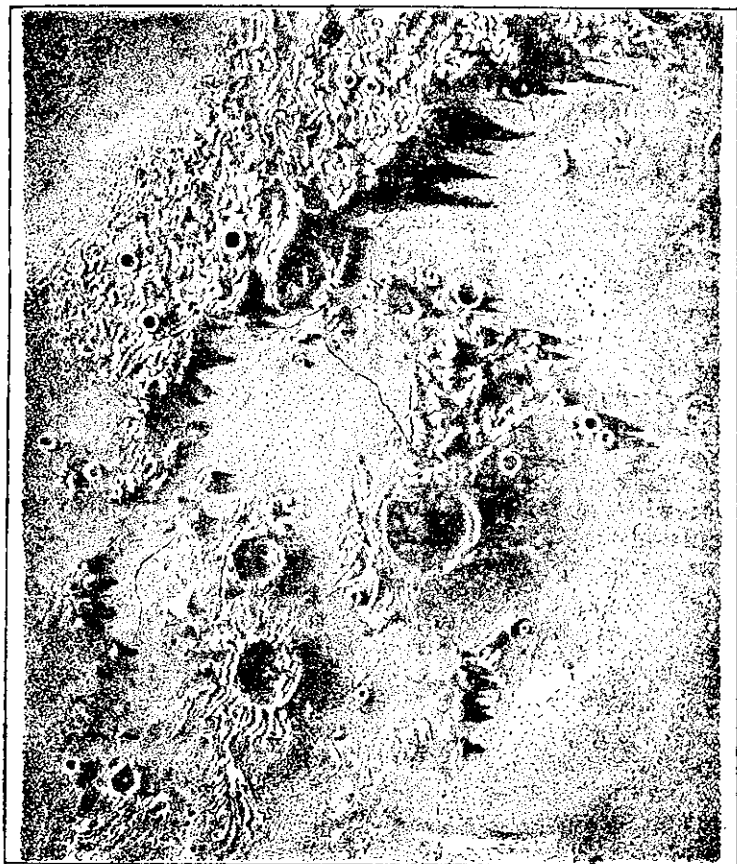


Рис. 17. Апеннины, окаймляющие Море Дожей, и кратеры Архимед, Аристилл, Автолик.

ются кольцевые горы. Что касается отдельных пиков и не больших горных хребтов, возвышающихся над поверхностью некоторых лунных морей, то некоторые из них, вероятно, представляют собой полуразрушенные борта затопленных кратеров, а не подходящие под это объяснение редкие исключения лишь подтверждают общее правило.

Разделение лунных кольцевых гор на кратеры и цирки — не более, как дань устаревшей традиции. Некоторые исследователи Луны называют цирками все крупные кольцевые

горы, другие ученые склонны именовать цирками лишь те из кольцевых лунных гор, которые имеют плоское дно, лишённое центральной горки. Эта сбивчивая терминология способна лишь внести путаницу, и ныне принято все лунные кольцевые горы называть кратерами.

Как уже говорилось, между кратерными морями и крупными кратерами с темным дном разница лишь в масштабах. Лунные моря — это макроформы лунного рельефа, результат процессов глобального характера. Лунные кратеры — аналогичные образования, возникшие при менее энергичных процессах. С этой точки зрения (не являющейся, правда, пока общепринятой) крупнейшим лунным кратером следует считать Море Дождей. Его вал составляют три горные цепи — Карпаты, Апеннины, Альпы. В западной части Моря Дождей бывший вал затоплен лавой, а в восточной части этого моря-кратера Апеннины смыкаются с Балканами и Карпатами, образующими вал Моря Ясности, еще больше чем Море Дождей напоминающего испанский кратер. Этими пятью хребтами исчерпывают все главные горные хребты на видимой стороне Луны. Собственно, не видно причин, почему бы не посчитать отдельными горными хребтами гористые части берегов Моря Кризисов, Моря Влажности или Моря Нектара, не говоря уже о берегах Моря Москвы или Моря Восточного на обратной стороне Луны. Снова и снова мы встречаемся с условностями селенографической терминологии, подчас не отражающей физической природы объекта.

Замечательно, однако, что на Луне нет (или почти нет) линейных горных цепей, так распространенных на Земле (Кавказ, Гималаи, Анды и Кордильеры). Это характерное отличие Луны от Земли — еще один аргумент против их совместного происхождения и однотипной эволюции.

Самые крупные из «признанных» лунных кратеров находятся на обратной стороне Луны, кстати сказать, поразившей человечество необычайным обилием самых разнообразных кратеров и кратерных цепочек. Таковы кратеры Коронд, Менделеев, Герцшпрунг и многие другие.

В сравнении с ними кратер Коперник (диаметр 90 км), украшающий видимое полушарие Луны, кажется карликом. Правда, на границе с невидимой частью Луны, вблизи ее лимба сильно искаженные проекцией с Земли видны такие гигантские кратеры, как О. Струве (255 км) и Дарвин (200 км).

Некоторые из кратеров имеют валы, вздымающиеся над дном на высоту до 9 км (кратер Ньютон). Чаше вал крупных кратеров возвышается над их дном на один—два километра.

Внешний склон вала всегда пологий, внутренний наоборот, как правило, более крутой.

Хотя слово «кратер» заимствовано из греческого языка, где этим словом обозначают «чашу», лунные кратеры мало напоминают сосуды для питья. Наблюдателю Луны ее

кратеры кажутся глубокими, чашеобразными. Но это не более, чем иллюзия. На самом деле диаметры крупных лунных кратеров несравнимо больше их глубины (рис. 18). Дно кратеров, как правило, ниже окружающей кратер лунной поверхности. Для некоторых (но далеко не всех) кратеров выполняется так называемый закон Шретера: объем вала кратера равен объему его углубления (по сравнению с лунной поверхностью). Этот эмпирический закон, по-видимому, свидетельствует о том, что вал лунных кратеров в некоторых случаях образовался за счет вещества, когда-то заполнявшего его выемку, углубление.

У многих кратеров очертания вала не круглые, а полигональные, как бы сложенные из отдельных прямолинейных отрезков. Немало кратеров имеют два, а то и более концентрических вала. Дно некоторых кратеров (например, кратера Гримальди) гораздо темнее окружающей поверхности и по окраске напоминает поверхность лунного моря. У большинства кратеров дно по цвету и яркости неотличимо от типичных материковых участков Луны.

Редко можно встретить кратер с идеально гладким ровным дном. При небольших увеличениях огромный кратер Платон, находящийся на северном побережье Моря Дождей, кажется таким исключением из общего правила. При наблюдении в более мощные инструменты иллюзия исчезает и дно Платона оказывается испещренным трещинами, небольшими холмами и другими неровностями.



Рис. 18. Лунные кратеры в разрезе.

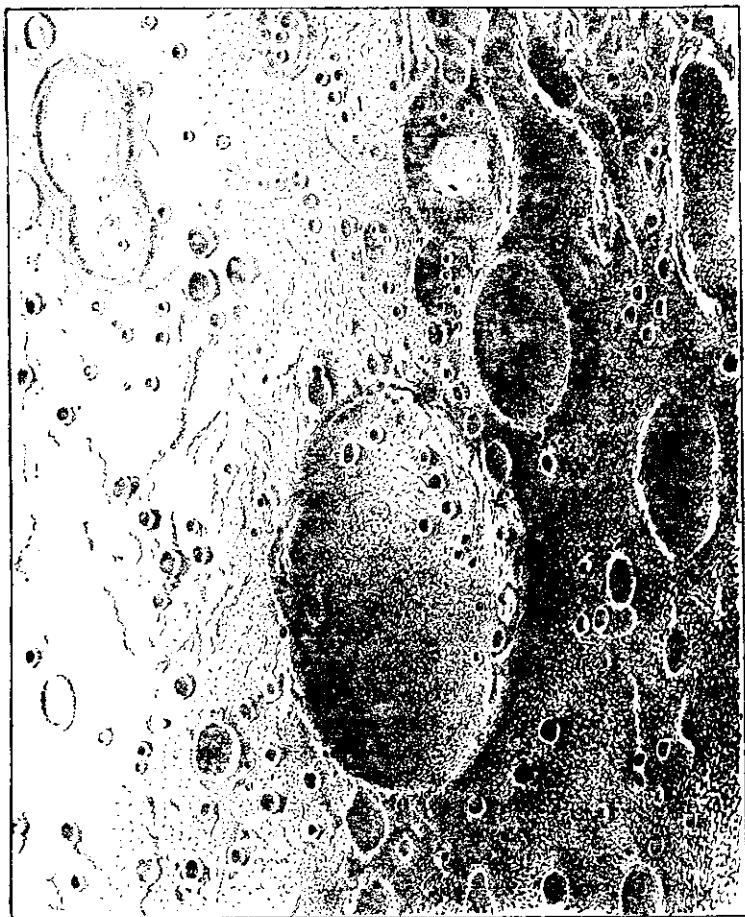


Рис. 19. Столовая гора Варгентин.

У большинства других кратеров в центре их дна видны остроконечные горки иногда с заметными «жерлами» на вершине. Их называют центральными горками, хотя некоторые из них и не находятся точно в центре кратера. Бывает и так, что на дне кратера расположено несколько горок (например, кратеры Альфонс, Гассенди, Гершель и др.), а иногда внутри кратера виден пересекающий его по диаметру небольшой горный хребет. В исключитель-

ных случаях (кратер Варгента и другие) кратер до краев заполнен затвердевшей лавой и тем самым превращен в своеобразную столовую гору (рис. 19).

Мелкие кратеры с поперечником в километры и метры имеют невысокий вал и глубину, сравнимую с их диаметром. Внутри них нет центральных гор, и по форме и размерам они вполне схожи с земными кратерами, образовавшимися при ударе метеоритов о земную поверхность. К этой категории следует отнести и микрократеры диаметром в сантиметры и миллиметры, не различимые, разумеется, ни в один телескоп, но обнаруженные лунными космонавтами и автоматами.

Кратерность — самая характерная особенность лунного рельефа. Многообразие этих образований настолько велико, что было бы наивным искать единственный источник происхождения всех лунных кратеров. Любопытно, что на морях кратеров примерно в 10—15 раз меньше, чем на материках, — факт, как и многие другие, требующий объяснения. И еще одна важная деталь: на обоих полушариях Луны, особенно на невидимом с Земли, встречаются цепочки кратеров, как будто панизированных на какую-то невидимую пить. Некоторые из цепочек состоят более чем из десятка кратеров, причем некоторые из мелких кратерных цепочек располагаются на лунных трещинах, как бы служащих их стержнем.

Некоторые лунные кратеры (Коперник, Кеплер, Аристарх и другие) окружены светлыми ореолами и системой длинных светлых лучей, расходящихся радиально от кратера. В этом отношении уникален кратер Тихо, расположенный в южной части видимого лунного диска. Некоторые из расходящихся во все стороны от него светлых лучей тянутся в длину до 4000 км. Эта система светлых лучей кратера Тихо хорошо заметна даже в бинокль. В небольшой телескоп легко различимы лучи, расходящиеся от кратера Коперник и других кратеров. Наиболее удачная фаза для наблюдения светлых лучей и ореолов лунных кратеров — полнолуние, когда Солнце освещает Луну «влоб».

Природа светлых лучей и ореолов пока не вполне ясна. Скорее всего эти образования состоят из лунных пород, раздробленных выброшенными из кратеров при извержениях вулканическими «бомбами». Во всяком случае, установлено, что некоторые из светлых лучей состоят из множества мелких кратерочков ударного происхождения. В

отличие от валов лучи не отбрасывают заметных теней, значит, раздробленное вещество не образует здесь высоких насыпей. Яркость лучей вызвана рассеянием солнечного света на множестве осколков и мелких кратерах. То, что лучи тянутся на сотни и даже тысячи километров, свидетельствует о мощности вулканических процессов, когда-то происходивших на Луне.

Мы перечислили лишь главнейшие, самые заметные формы лунного рельефа, вполне осознавая, что приведенная классификация не является исчерпывающей. Однако будущие открытия на Луне могут выявить лишь, по-видимому, второстепенные детали, между тем как сегодня уже настоятельно требуют объяснения главные, генеральные особенности лица Луны.

ВУЛКАНИЗМ ИЛИ МЕТЕОРИТЫ?

При столкновениях с Землей метеориты могут образовывать или ударные, или взрывные кратеры. Первый вариант осуществляется тогда, когда почти полностью заторможенный атмосферой на высоте 22—25 км метеорит падает затем на земную поверхность, как свободно брошенное тело. При ударе о грунт образуется небольшая и неглубокая яма, на дне которой обычно находят упавшее космическое тело. Эти небольшие ударные кратеры имеют диаметр, близкий к поперечнику породившего их метеорита, а глубина их не превосходит нескольких метров.

Совсем иначе образуются взрывные метеоритные кратеры. Подсчитано, что при скорости соударения 4 км/сек кристаллическая решетка метеорита разрушается и метеорит физически становится похожим на очень сильно сжатый газ. Такой газ стремится мгновенно расшириться. Происходит взрыв, по мощности равный тому, который получился бы при взрыве равного метеориту по массе заряда тринитротолуола — сильнейшего из химических взрывчатых веществ. При больших скоростях соударения взрыв получается в сотни и тысячи раз более мощным. Таким образом, и по форме и по механизму образования взрывные метеоритные кратеры похожи на воронки, возникшие от взрыва артиллерийских снарядов или авиационных бомб.

Луна лишена защитной воздушной оболочки, и поэтому метеориты могут образовывать на ее поверхности практически лишь взрывные метеоритные кратеры. То, что это на

самом деле происходит, не вызывает ни малейших сомнений. Так, например, в мае 1972 г. сейсмографы, установленные на Луне, зафиксировали падение на лунную поверхность метеорита с массой около 600 т. Он образовал метеоритный кратер диаметром около 100 м.

Есть ли на Луне ударные кратеры? Несомненно. Но они образованы не метеоритами, а вулканическими бомбами или осколками метеорита и лунных пород, выброшенных при ударе метеорита о лунную поверхность. Такие кратеры иногда называют вторичными ударными кратерами.

Вулканические процессы, как мы знаем по земному опыту, также зачастую приводят к образованию кратеров. Но земные вулканы совсем непохожи на крупные лунные кратеры типа, скажем, кратера Коперник. Обычный земной вулкан — это конусообразная гора с узким жерлом на вершине. Вулканический конус — насыпное образование, положительная форма рельефа. Если уж искать аналогичные формы на Луне, то наиболее похожи на земные вулканы некоторые из центральных горok крупных лунных кратеров. Что же касается самих этих кратеров, то их земным аналогом могут служить так называемые кальдеры.

Кальдерой геологи называют распиренный кратер вулкана или впадину на его месте, образовавшуюся в результате понижения уровня и давления магмы в очаге после извержения. Кальдеры могут также образоваться тогда, когда магма без выхода на поверхность изменит свою форму и объем. Некоторые из земных кальдер имеют поперечник в несколько десятков километров (например, кальдера вулкана Узон на Камчатке). Однако большинство земных кальдер по размерам значительно уступает крупным лунным кратерам. Возможно, что причина этого в малой силе тяжести на поверхности Луны и в большей, по сравнению с Землей, вулканической активности. Что же касается морфологических особенностей (строение вала и дна, наличие центральных горok и т. п.), то земные кальдеры, несомненно, очень похожи на лунные кратеры.

На протяжении века шли горячие споры между сторонниками метеоритной и вулканической гипотез происхождения лунного рельефа. Как это часто бывает, в пылу полемики обе стороны впадали в крайность, пытаясь одним фактором объяснить все формы лунного рельефа. Так, например, Г. Юри и Р. Болдуин считали, что даже лунные

моря есть затопленные лавой метеоритные кратеры, которые образовались при столкновении с Луной тел диаметром в сотни километров. Однако при таких соударениях со скоростью как минимум несколько километров в секунду возникли бы огромные взрывные метеоритные кратеры, морфологически напоминающие Аризонский метеоритный кратер, но значительно большие по размерам. Нетрудно видеть, что лунные моря со взрывными метеоритными кратерами не имеют ничего общего.

По движению искусственных спутников Луны неожиданно были обнаружены гравитационные аномалии, связанные с концентрацией массы лунного вещества в некоторых районах поверхности Луны. Эти районы, названные *масконами* (от сокращения слов «масса» и «концентрация»), в основном совпадают с большими круговыми кратерными морями: Дождей, Облаков, Ясности, Кризисов, Нектара, Влажности и других. Однако на обратной стороне Луны в ее центральной части обнаружен маскон диаметром около 1000 км, не связанный с каким-нибудь морем. Массы, сконцентрированные в масконах, доходят до 10^{-4} массы Луны (в Море Дождей). Пролетая над масконом, искусственный спутник Луны за счет усиленного притяжения ускоряет свой полет, что, собственно, и выдаст присутствие под спутником маскона.

Некоторые из сторонников метеоритного происхождения лунного рельефа (Мюллер, Сьёгрэн и др.) полагают, что масконы — это «углубившиеся» в лунную поверхность метеориты. Но эта точка зрения вряд ли соответствует современным представлениям о процессах, сопровождающих соударение исполинских метеоритов с Луной. Никакого «углубления» метеорита в лунную поверхность, конечно, не происходит. Вместо него в результате взрыва возникает взрывной метеоритный кратер, а большая часть метеорита обращается в газ.

Крайние приверженцы вулканической гипотезы склонны все формы лунного рельефа объяснять действием внутренних сил. Это, конечно, преувеличение в другую сторону — всякий удар крупного метеорита о поверхность Луны неизбежно оставляет на ней «шрам» в форме метеоритного кратера.

Ныне спор «вулканистов» с «метеоритниками» завершен неким компромиссом. Признано, что оба фактора (и вулканический и метеоритный) участвовали в формировании

лунного рельефа. Дискуссия продолжается лишь по вопросу о том, какому из двух факторов принадлежит решающая роль.

В недавно опубликованном сборнике «Вулканизм и тектоника Луны» («Наука», 1974) на многочисленных примерах показано, что современный лунный рельеф сформировался в основном в результате активного вулканизма, полностью прекратившегося и доныне. В частности, лунные морские впадины, по-видимому, представляют собой тектоно-магматические образования, т. е. «осевшие» и залитые застывшей лавой участки лунной коры. Впрочем, надо заметить, что многие детали лунного рельефа могут быть объяснены как следы ударов метеоритов с последующим излиянием магмы из лунных педр. Поэтому однозначного объяснения происхождения лунного рельефа пока нет и скорее всего, повторяем, в формировании современного лица Луны участвовали и внутренние и внешние факторы.

Недавно были открыты два новых факта, свидетельствующие, возможно, об активном вулканизме Луны в прошлом и отчасти в настоящем. Во-первых, на подробных снимках Луны, полученных с помощью космических аппаратов, видны явные следы активного вулканизма за последний миллиард лет (лавовые потоки и озера в районе кратеров Тихо, Аристарха, пластообразные типы изверженных пород и многое другое). Во-вторых, во время лунных затмений более 4000 участков лунной поверхности, в ряде случаев совпадающих с кратерами, остаются теплее окружающей местности на 10—15°. Эти «горячие точки» Луны — возможно, те молодые лунные кратеры, под которыми сконцентрированы раскаленные очаги магмы.

С позиций вулканизма легко объясняется и загадка масконов. Как известно, застывшая лава имеет более высокую плотность, чем материал лунных материков. Поэтому покрытые лавой кратерные моря и должны создавать эффект масконов. Что же касается маскона на обратной стороне Луны, то он, возможно, представляет собой древнее лавовое море, замаскированное более поздним кратерным рельефом. В пользу такого предположения говорит изобилие кратеров на обратной стороне Луны и их молодость, выражающаяся в отличной сохранности большинства из них.

По мнению ряда современных исследователей Луны (Р. Вуда и др.), Луна уже в самом начале своего существования была горячей. Прежде, в давние эпохи, ее вулканизм

был очень мощным, оставившим после себя множество кратеров, кратерные моря, трещины и другие многочисленные следы. Но и ныне вулканизм не угас и отдельные, сравнительно редкие и маломощные извержения лунных вулканов можно наблюдать и сегодня. Что это так, доказывают многие факты.

Еще в 1787 г. появилась статья знаменитого астронома XVIII в. Вильяма Гершеля под названием «Сообщение о трех вулканах на Луне». Еще до него Р. Гук и другие астрономы уверяли, что им удалось видеть действующие лунные вулканы. О странных изменениях на Луне, связанных, по видимому, с извержением газов из лунных недр, сообщают многие астрономы прошлого века. В частности, почему-то загадочно менялся внешний вид кратера Линней, иногда заволакивалось какой-то дымкой дно кратеров Платон, Альфонс и других. Скептики склонны были рассматривать такого рода явления, как иллюзии, обманувшие наблюдателей. Но события последних двух десятилетий заставили посмотреть на эти старые наблюдения по-иному.

В начале 1958 г. американский астроном Олтер получил серию фотографий кратера Альфонс, на которых при синем светофильтре мелкие детали дна были видны гораздо хуже, чем в красных и инфракрасных лучах. Этот факт не оставлял сомнений в том, что дно Аристарха заволакивается какой-то газовой дымкой, подобно тому как синеватые дали земного ландшафта скрывают его мелкие подробности.

3 ноября того же года известный советский астроном Н. А. Козырев на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР сфотографировал спектр центральной горки кратера Альфонс. В искателе 50-дюймового рефлектора она казалась яркой, расплывчатой и необычно красноватой, а на спектрограмме были четко запечатлены полосы углерода и циана — газов, выделившихся из лунных недр.

В начале 1963 г. Козырев наблюдал слабое истечение газов из центральной горки кратера Аристарх, а в окрестностях его в том же году американские астрономы заметили кратковременные появления ярких, оранжево-красных пятен.

Вряд ли можно сомневаться, что во всех этих случаях наблюдателям удалось зафиксировать проявление слабой вулканической активности Луны. Тем самым становятся правдоподобными и сообщения наблюдателей прошлых веков.

Разумеется, пзвержения лунных вулканов — явление очень редкое. Трудно заранее сказать, где, в какой из центральных горок и когда начнется извержение. Прежний скептицизм мешает до сих пор организовать регулярную «службу лунных вулканов», т. е. постоянные наблюдения (визуальные и спектрографические) тех центральных горок молодых «горячих» кратеров, где извержения в принципе возможны. Так как эти извержения длятся недолго (2—3 ч или менее того), то фиксация лунных извержений — дело, конечно, нелегкое. Но оно необходимо, так как нам нужно знать о соседнем мире как можно больше, — ведь в недалеком будущем Луна станет ареной трудовой, производственной деятельности человека.

НАЧАЛА СЕЛЕНОЛОГИИ

Как известно, геологией называется наука о составе, строении и эволюции Земли. Ее лунным аналогом служит так называемая селенология. По сравнению с геологией селенология находится в зачаточном состоянии. Состав поверхностных слоев Луны определен надежно лишь средствами космонавтики, т. е. совсем недавно. Внутреннее строение Луны остается во многом загадочным, и наши суждения о нем носят лишь косвенный характер. Наконец, мы почти ничего не знаем об эволюции Луны и здесь намечаются лишь подходы к проблеме, решение которой возможно только в будущем.

О составе и вероятном внутреннем строении Луны мы расскажем в других главах, а здесь познакомим читателя с некоторыми выводами о прошлом Луны, полученными известным советским селенологом А. В. Хабаковым¹.

Прежде всего бесспорно, что наблюдаемые на поверхности Луны детали ее рельефа имеют разный возраст. Некоторые из них выглядят свежими, хорошо сохранившимися, другие, наоборот, полуразрушенными, а значит, более древними. Если даже на Луне никогда не было воды и ветра, сильно разрушающих земной рельеф, то непрерывные удары метеоритов, резкие колебания температуры, солнечное облучение (корпускулярное и электромагнитное), несомненно, изменяют в той или иной степени лунный рельеф.

¹ Подробнее см. Хабаков А. В. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны. М., 1949, и сб. «Проблемы геологии Луны». М., 1969.

Кроме того, из недр Луны неоднократно изливались потоки лавы, трескалась лунная поверхность, испытывая тектонические сдвиги. Все эти метаморфозы оставили заметные следы на лунной поверхности, по которым можно судить и об относительном возрасте объектов и о процессах, медленно формировавших современный лик Луны.

К сожалению, сохранившиеся следы былого уведат нас в глубь времен не более чем на несколько десятков миллионов лет. Что было раньше, мы просто не знаем, так как никаких следов от событий, происходивших на Луне сотни миллионов или миллиарды лет назад, не сохранилось. Впрочем, непосредственные исследования Луны с помощью автоматов и космонавтов, возможно, когда-нибудь внесут ясность и в эту проблему. Пока же для реконструкции истории Луны приходится использовать такие, например, критерии, как сохранность деталей рельефа и формы их контакта друг с другом. Если, скажем, на валу крупного кратера располагается другой так называемый «паразитный» кратер, то ясно, что этот последний моложе первого. Такого рода наложения одних деталей рельефа на другие подчас многократны, а это позволяет наметить временную последовательность возникновения лунных форм.

А. В. Хабаков в 1949 г. наметил несколько периодов в развитии Луны, охватывающих практически всю ее историю¹. Таких периодов семь.

I. Первоначальный период, когда, по мнению А. В. Хабакова, кольцевых гор на Луне не было и вся Луна была покрыта первобытной корой с бугристой или гребнистой поверхностью. Трудно сказать, какие следы остались от этого периода. Возможно, что бугристые и гребнистые участки «материков» Луны в какой-то мере сохранили следы ее первоначального рельефа.

II. Древнейший период характерен интенсивным кратерообразованием. Следы событий, разыгравшихся в ту пору на Луне, возможно, остались в виде «фестончатого» края древних лунных Алтайских гор.

III. Древний период отмечен опусканием больших массивов «суши» и затоплением ее выступившей из недр Луны лавой. Когда-то Алтайский хребет, по-видимому, был берегом древнего моря, возникшего в древний пе-

¹ Подробнее см. Хабаков А. В. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны. М., 1949.

риод, но позже уничтоженного вновь образовавшимися кратерами. Вообще кратерообразование на Луне происходило многократно, на месте моря возникали кратеры, которые затем затоплялись новым лавовым морем. И эти метаморфозы повторялись много раз.

IV. Средний, или птолемеевский, период оставил после себя немало следов. В эту эпоху происходило мощное образование кольцевых гор (в частности, возник кратер Птолемей), сопровождавшееся исчезновением ранее существовавших морей. От среднего периода осталось немало затопленных или полузатопленных кратеров. Видимо, в это время кратерами была сплошь покрыта территория современных морей, где мы ныне наблюдаем множество кратеров-фантомов.

V. Новый период — это эпоха, когда снова происходили опускания крупных участков лунной коры, а изнутри, как сок из сжатого апельсина, изливалась лава. Современные лунные моря, видимо, возникли именно в новый период.

VI. Новейший период иногда называют коперниканским, так как тогда образовался кратер Коперник — крупная молодая и очень хорошо сохранившаяся кольцевая гора. Такой же отличной сохранностью отличаются и некоторые другие кратеры, вокруг которых, как и вокруг Коперника, виден нимб светлых лучей.

VII. Современный период, возможно, лишь кажется «мертвым» периодом Луны. Вулканизм Луны отнюдь не иссяк, возможны на Луне и лунотрясения. Станет ли, однако, человечество свидетелем новой эпохи интенсивного кратерообразования или, наоборот, затопления больших участков Луны лавовыми морями, сказать трудно. Во всяком случае, полностью исключить такую возможность, по-видимому, нельзя.

В настоящее время эволюционная схема, предложенная А. В. Хабаковым, считается несколько устаревшей. По схеме, разработанной советскими селенологами А. Л. Сухановым и В. Г. Трифоновым, в истории Луны можно выделить три основных периода, три системы — нижнюю, среднюю и верхнюю. Первая из них объединяет первоначальный и древний периоды (по А. В. Хабакову). В среднюю систему сведены древний и средний периоды. Остальные периоды в схеме Хабакова образуют верхнюю систему (по А. Л. Суханову и В. Г. Трифонову). Такая периоди-

зация лунной истории соответствует современным данным о рельефе Луны¹.

Советские исследователи подробно проанализировали связь земных вулканических образований (кальдер и др.) с лунными объектами. В частности, гребнистые образования типа лунных валов наблюдаются и в земных кальдерах и для их образования вовсе нет нужды прибегать к гипотезе пульсации Земли и Луны, как это делал в свое время А. В. Хабаков. Лунные купола, особенно многочисленные в окрестностях Коперника и других кратеров, имеют аналоги на Земле в виде лавовых пузырей и куполов².

Как видит читатель, никакой единой и общепризнанной теории эволюции Луны пока не существует. Селенология делает еще первые шаги в будущее и, несомненно, внесет в нарисованные сегодня эволюционные схемы весьма существенные коррективы.

МЕРТВА ЛИ ЛУНА?

Принято считать, что если на Луне и происходят какие-либо изменения, то они вызваны двумя причинами — переменой в условиях освещения данной лунной местности или «остаточным» лунным вулканизмом. Прежние наивные представления о селенитах и лунных городах постепенно уступили место твердой убежденности, что на Луне нет и никогда не было никакой жизни. Можно ли, однако, этот категорический вывод считать абсолютно достоверным?

На дне лунных цирков Эратосфен, Платон и некоторых других некоторые наблюдатели замечали странные темные пятна зеленоватого оттенка, которые с изменением солнечного освещения медленно передвигались по дну цирка.

Американский астроном В. Пиккеринг в 1894 г. высказал мнение, что перемещающиеся по дну Эратосфена темные пятна есть... скопища лунных насекомых, что-то вроде наших муравьев, которые ищут для себя наиболее удобное место! Вряд ли когда-нибудь в истории астрономии высказывалась более странная гипотеза, и не удивительно, что она не встретила поддержки. Правда, тот же Пиккеринг несколько позже заявил, что изменяющиеся темные пятна на Луне — это скудная лунная раститель-

¹ Подробнее см. сб. «Проблемы геологии Луны». М., 1969.

² Подробнее см. сб. «Вулканизм и тектоника Луны». М., 1974.

ность. С наступлением лунного дня температура поверхности Луны повышается, растительность возрождается и потому пятна становятся более зелеными. К концу лунного дня лунные растения чахнут и пятна поэтому оказываются блеклыми, потускневшими.

Такую точку зрения защищают и некоторые из современных зарубежных астрономов, в частности английский астроном Мур.

В начале 40-х годов текущего века Мур тщательно исследовал лунный кратер Аристарх — самое яркое образование на лунном диске. Ему удалось увидеть на дне Аристарха слабые темные радиальные полосы, впервые замеченные некоторыми астрономами еще в прошлом веке. Полосы не остаются неизменными. Они периодически то удлиняются, переходя даже за границы вала кратера, то укорачиваются.

В 1949 г. Мур открыл еще около двух десятков лунных кратеров, в которых наблюдаются подобные удивительные полосы. Мур предполагает, что радиальные полосы представляют собой трещины в лунной поверхности, идущие от центральной горки — вулкана. С наступлением лунного дня температура повышается и из трещин выделяются какие-то газы, возможно углекислый газ. Он-то, по мнению Мура, и дает жизнь тем примитивным растительным организмам, которые располагаются вдоль трещин. Заметим, что большинству астрономов гипотеза Мура кажется вовсе не убедительной.

Впрочем, космонавтика пока не внесла полную ясность в эту проблему. В пробах лунного грунта не удалось найти какие-либо следы жизни или хотя бы «преджизни», т. е. сложные органические соединения, подобные тем, которые в изобилии встречаются в углистых метеоритах. Но с другой стороны, как уже говорилось, искусственные спутники Луны засняли на ее поверхности многочисленные извилистые борозды, совсем непохожие на типичные разломы лунной коры. Некоторые из этих борозд тянутся на сотни километров и имеют изгибы, напоминающие речные меандры. Сходство оказалось настолько большим, что Г. Юри и другие ученые высказали гипотезу о существовании в прошлом лунной гидросферы. Некоторые предполагают, что вода выделялась из лунных пород при вулканических или иных процессах, а слой вечной мерзлоты существует на Луне и сегодня.

Подсчеты показывают, что при средней температуре в 0°C Луна вполне могла удержать вокруг себя атмосферу из углекислого газа, криптона и ксенона. Если же Луна на самом деле пришла к нам из далеких и более холодных районов Солнечной системы, то существование на Луне атмосферы и гидросферы в тех условиях вовсе нельзя считать исключением.

За последние годы дискуссия о бывших лунных реках приобрела за рубежом большой размах и до окончательных выводов еще далеко. Но если на Луне были атмосфера и вода, то там, в принципе, могла возникнуть и жизнь.

Словом, не будем спешить с категорическими заключениями. Скромнее признать, что абсолютно уверенного ответа на поставленный в заголовке вопрос, дать пока нельзя.

ЗАГАДКИ ЛУННЫХ НЕДР

До начала космической эры о природе лунных недр и о составе пород, слагающих лунную поверхность, было известно мало. Ныне кое-что стало ясным, но по-прежнему не прекращаются споры о внутреннем строении Луны и происхождении ее магнитного поля. Впрочем, ничего удивительного в этом нет — и земные недра мы знаем еще очень плохо. Изучение же недр другого космического тела — задача несравнимо более сложная. Правда, по данным о радионизлучении Луны многие ее исследователи, в том числе советские, еще до 1957 г. хорошо представляли себе структуру мелкораздробленного верхнего покрова нашего спутника.

Непосредственное бурение Луны затронуло пока лишь самые поверхностные слои соседнего мира. И если бы не лунотрясения и не регистрирующие их лунные сейсмографы, мы бы до сих пор не знали, что скрыто под внешним покровом Луны.

При лунотрясениях, как и на Земле, образуются два типа упругих колебаний. Одни из них называются поверхностными волнами. По характеру их распространения можно судить о строении лунной коры и подкоркового слоя (верхней мантии). Другие, гораздо более интересные, называются объемными волнами. Они пронизывают все твердое тело Луны. Некоторые из них представляют собой продольные колебания лунного вещества, другие — поперечные. По существу и те и другие являются звуковыми волна-

ми очень низких частот. Всякие неоднородности в твердом теле Луны (в частности, наличие плотного ядра) тотчас сказываются на сейсмических волнах. Они могут преломляться, отражаться, терять заключенную в них энергию, менять некоторые свои свойства. По всем этим изменениям можно судить, каковы лунные недра. Сейсмические волны как бы «просвечивают» Луну и мы «видим» то, что скрыто для обычного зрения.

Лунотрясения могут быть естественными или искусственными. В первом случае причиной служат резкие смещения лунной коры под влиянием вулканических процессов или удара о лунную поверхность крупного метеорита. Во втором случае сейсмические волны порождаются или искусственными взрывами, или падением на Луну искусственных предметов (например, частей космического летательного аппарата). И в том и в другом случае сейсмические волны могут стать источником ценной информации о недрах Луны.

Американские исследователи Луны устраивали в соседнем мире искусственные взрывы небольшой мощности. Анализ сейсмограмм показал, что реголит (поверхностный разрыхленный слой Луны) простирается в глубину на 40—45 м. Для более глубокой разведки энергия взрывов оказалась слишком малой. Мало ценной информации дала регистрация сейсмических волн, которые породила упавшая на Луну последняя ступень ракеты-носителя. Эксперимент со сбрасыванием на лунную поверхность взлетной ступени лунной кабины вовсе не удался, так как торможение и ориентация ступени были произведены неправильно и это произведение человеческой техники, вместо того чтобы стать искусственным метеоритом, превратилось в искусственный спутник Луны.

И все-таки человечеству повезло. В середине мая 1972 г. на Луну неожиданно упал крупный метеорит массой 600 т. Он, как уже говорилось, образовал кратер диаметром около 100 м, а главное, породил достаточно сильные сейсмические волны, «просветившие» Луну. Эти волны отметили все лунные сейсмографы, и теперь по крайней мере в самых общих чертах строение Луны известно.

Толщина лунной коры в месте падения метеорита (вблизи кратера Фра Мауро) составляет 60 км. Ниже до глубины 960 км простирается мантия, под которой находится ядро. Результат любопытен: получается, что лунная кора

вдвое толще, чем земная (под континентами), а лунное ядро имеет необычно большой поперечник — около 1500 км. Из этих фактов можно сделать далеко идущие выводы.

Если бы Луна имела в своих недрах такое же процентное содержание радиоактивных элементов, как и в реголите, то она должна была бы за счет радиоактивного тепла расплавиться целиком. Но этого нет. Значит, радиоактивные элементы скопились лишь в поверхностных слоях Луны. Это могло получиться лишь в том случае, если в первоначальные эпохи своего существования Луна была огненно-жидким шаром и тяжелые радиоактивные элементы вместе со шлаком всплыли на ее поверхность.

С другой стороны, толщина лунной коры так велика, что для ее образования, по-видимому, требуется расплавление всей Луны в целом, а не только ее поверхностных слоев.

Судя по сейсмограммам, лунная кора имеет следующее строение. Под реголитом до глубины 25 км она состоит из базальта (вулканической породы черного цвета, обедненной кремнеземом). Ниже располагается эклогит — порода того же состава, что и базальт, но более плотная. О составе лунной мантии и ядра Луны мы пока ничего не знаем, кроме, пожалуй, того, что температура их достаточно велика и составляет по меньшей мере сотни градусов. Иначе трудно объяснить тот поток тепла, который идет из лунных недр и регистрируется оставленными на Луне приборами.

Луна имеет вокруг себя очень слабое магнитное поле, примерно в тысячу раз слабее земного. Однако некоторые образцы грунта, доставленные с Луны, сильно намагничены. Этот остаточный магнетизм лунных пород, видимо, вызван тем, что Луна когда-то обладала сильным магнитным полем. Почему она позже «размагнитилась», сказать трудно, так как до сих пор нет удовлетворительной гипотезы, которая объясняла бы происхождение магнитного поля космических тел. Длинный перечень разных точек зрения по этому поводу вряд ли что-нибудь разъяснит читателю. Мы надеемся, что он уже имеет достаточно полные представления об общем физическом облике Луны, и нам предстоит теперь познакомить его с состоянием и перспективами освоения соседнего мира.

НАЧАЛО ЛУННОЙ ОДИССЕИ

То, что предчувствовалось на протяжении тысячелетий, то, на что наделись и в исполнимость чего верили миллионы людей, теперь уже умерших и истлевших в прах, то, что было воспето множеством поэтов и описано писателями в смелых по замыслу романах, по-видимому, становится осуществимым. Возможным становится полет в мировое пространство, путешествие на Луну.

Макс Валье. Полет в мировое пространство, 1930 г.

ФАНТАЗИИ И ПРОЕКТЫ ПРОШЛОГО

Мечты о полетах в космос так же стары, как и само человечество. История донесла до нас удивительные по прозорливости фантазии, легенды, имена мечтателей, пытавшихся иногда осуществить реальный земной полет, уподобиться птицам. В древних литературных источниках содержатся даже рассказы о былых космических полетах. Что это вымыслы, сказка или сообщения о действительных событиях? В последнем случае, как считают некоторые современные энтузиасты, приходится признать, что когда-то на Земле существовала цивилизация, по уровню технического развития не уступавшая нашей. Не будем, однако, спешить с выводами. Лучше полистаем страницы долгой истории зарождения космонавтики.

При раскопках древней Ниневии в библиотеке ассирийского царя Ассурбанипала на глиняных цилиндрах нашли письмена со странным сказанием. Автор этого древнего документа утверждал, что за 3200 лет до нашей эры некий царь Этан взлетел на такую высоту, с которой вся Земля представилась ему маленькой, как «хлеб в корзине», а затем и вовсе стала невидимой.

За пятнадцать веков до начала нашей эры в древнеиндийской поэме «Бхагавадгите» йогам давались наставления для путешествий на Луну. В другой индийской поэме того же времени ее герой Рама совершает космический полет.

В XII в. до нашей эры китайский правитель Вон-И, якобы, подобно Раме, путешествовал в околоземном про-

странстве. По широко распространенной легенде, дошедшей до наших дней, китайцы когда-то были жителями Луны, а затем по каким-то причинам решили переселиться на Землю.

Космическое мифотворчество встречается и у евреев, и у древних греков. Общеизвестны библейское сказание о полете пророка Илии на «огненной колеснице» и миф об Икаре, взлетевшем к Солнцу. Даже о таких исторических лицах, как Александр Македонский, распространялись слухи, что он летал над Землей и даже повстречал однажды птицу с человеческим лицом, запретившую царю эти полеты.

С легендарной Атлантидой связано немало загадочных повествований. Среди них есть рассказ о том, как во время гибели этой страны ее обитатели атланты нашли себе спасение на других планетах, улетев туда на ракетных аппаратах.

Кстати сказать, мысль о том, что ракеты — очень удобные двигатели для летательных аппаратов, была известна уже много веков назад.

Примерно около 1500 г. н. э. китайский изобретатель Ван-Гу соединил два коробчатых воздушных змея, укрепил их фермами и устроил на них сиденье. В нижней части змея Ван-Гу поместил 47 пороховых ракет, которые на старте поджигали 47 человек. Эта первая попытка совершить полет с помощью пороховых ракет закончилась, увы, трагично. Уже при взлете ракеты взорвались и Ван-Гу погиб. Имя этого полulegenдарного смелого ученого присвоено одному из кратеров на обратной стороне Луны.

В Европе, начиная с XVII в., появляются фантастические романы, в которых не знающий границ вымысел иногда сочетается с некоторыми научными элементами.

Иоганн Кеплер в книге «Сон или последнее сочинение по лунной астрономии» (издана в 1634 г.) описывает фантастический полет на Луну. Оказавшись, наконец, в этом соседнем мире, великий астроном встречает там змеевидных чудовищ, скрывающихся в лунных расселинах. Фантастический жанр служил Кеплеру, конечно, лишь средством для популяризации главной идеи: Луна — не совершенное (по Аристотелю) творение небес, а мир, схожий с Землей, Земля же одна из планет Солнечной системы.

Несколько позже Кеплера, в 1650 г., знаменитый французский писатель Сирано де Бержерак издал книгу «Иной свет или комическая история об империях и госу-

дарствах Луны». В ней автор, наряду с разными несбыточными способами достижения Луны, предлагает использовать для этой цели ракеты — идея ценная, тем более что ни Сирано, ни его современники ничего не знали об опытах Ван-Гу. Остальное же в романе Сирано де Бержерака — нарочитые выдумки комического характера. Так, например, по его утверждению, жители Луны ходят вверх ногами, питаются запахами и расплачиваются вместо денег стихами.

При всей шутливости «Иного света» после этой книги в литературе о путешествиях на Луну уже не встречаются предложения воспользоваться помощью птиц или духов, а обсуждаются технические средства, годные для намеченной цели.

Восемнадцатый век не мог дать таких средств. Лишь в XIX в. после на шумевшего романа Жюль Верна («Из пушки на Луну») идея об использовании для космических полетов реактивной тяги снова возрождается, отчасти как противопоставление несбыточным «артиллерийским» проектам Жюль Верна.

Тысяча восемьсот восемьдесят первый год. В одиночной камере Петропавловской крепости за несколько дней до казни народоволец Н. И. Кибальчич на клочке бумаги рисует реактивную космическую платформу. Здесь еще нет надлежащего технического оформления деталей. Но важна главная, верная в основе идея проекта — реактивную тягу создают, по словам Кибальчича, «медленно горящие взрывчатые вещества».

Примерно в то же время, ничего, конечно, не зная об идеях Кибальчича, немецкий изобретатель Г. Гансвиндт начинает разработку проекта космического корабля, реактивная тяга для которого создается вылетающими из него пулями. По мысли Гансвиндта, его, судя по чертежу, громоздкий корабль необтекаемой формы должен подниматься в воздух на вертолетах, а затем начинать стрельбу, как многоствольный пулемет. Автор проекта не подтвердил его реальности ни расчетами, ни модельными экспериментами, и теперь мы знаем, что космический корабль Гансвиндта просто бы не оторвался от Земли.

Впервые рациональные пути развития космонавтики и ракетостроения были предложены К. Э. Циолковским. В своих работах он теоретически доказал возможность использования ракет на жидком топливе для межпланетных сообщений (рис. 20). Одной из таких работ Циолков-

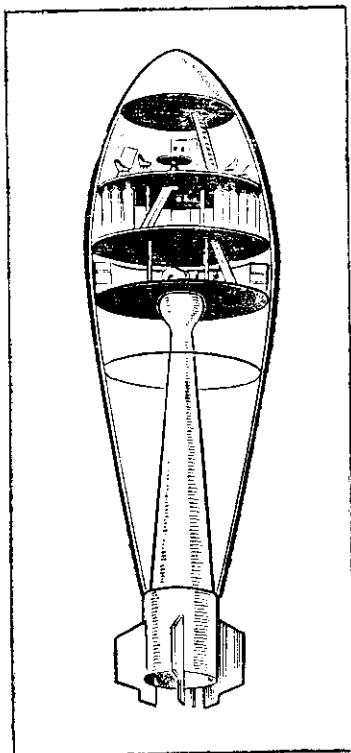


Рис. 20. Проект космической ракеты Циолковского.

ского была знаменитая статья «Исследование мировых пространств реактивными приборами», опубликованная в журнале «Научное обозрение» в 1903 г.

С этих пор по существу и началась космонавтика¹, в наши дни превратившаяся в совокупность многих отраслей науки и техники, обеспечивающих освоение космического пространства. Заслуга в этом советских исследователей общеизвестна.

Еще в 1921 г. в Москве под руководством Н. И. Тихомирова была создана первая советская исследовательская и опытно-конструкторская лаборатория по ракетной технике. В 1927 г. она перебазировалась в Ленинград и стала называться Газодинамической лабораторией (ГДЛ). Два года спустя под руководством В. П. Глушко в ГДЛ началась разработка жидкостно-реактивных двигателей (ЖРД).

В 1932 г. в Москве была создана научно-исследовательская и опытно-конструкторская организация по разработке ракет и двигателей — ГИРД (группа изучения реактивного движения), работавшая под руководством С. П. Королева и при участии Ф. А. Цандера. Год спустя под Москвой ракеты «ГИРД-09» и «ГИРД-Х», созданные по проектам М. К. Тихомирова и Ф. А. Цандера, совершили первые успешные полеты — скромное начало будущих великих космических свершений.

¹ Подробнее об истории космонавтики см. Экономов Л. Поиски крыльев. М., 1969 и Глушко В. П. Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР. М., 1973.

Полутно с советскими учеными проблемы реактивной техники успешно разрабатывали их зарубежные коллеги. Здесь прежде всего следует упомянуть француза Р. Эно-Пельтри, американца Р. Годдарда, немцев Г. Оберта и В. Брауна. Уже к началу 30-х годов появились планы освоения ближнего космоса, в частности Луны. Небольшой исторический экскурс, который мы предприняли в этой главе, полезно закончить цитатой из книги «Полет в мировое пространство как техническая возможность». Автор книги — один из пионеров космонавтики, молодой немецкий исследователь Макс Валье, трагически погибший в 1930 г. при испытании ракетного автомобиля.

Вот что пророчески пишет Валье о полетах на Луну:

«После того как удастся послать ракеты за пределы сферы земного притяжения и соответственным образом изучить их полет, можно было бы попытаться попасть в Луну. При этом падение ракеты на Луну должно было бы сопровождаться вспышкой бенгальского огня; это и послужило бы нам доказательством удачи.

Когда такого рода обстрел Луны сделается настолько обычным делом, что промах станет уже возбуждать смех соперников, будет произведена попытка послать вокруг Луны большую ракету, но все же без людей и притом так, чтобы она вновь вернулась на Землю. Разумеется, эту машину надо будет послать с таким расчетом, чтобы она облетела Луну во время новолуния, пролетая над обращенной от нас стороной Луны, в это время ярко освещенной солнечными лучами. Ни один из снятых в настоящее время в мире фильмов не обладал бы такой научной ценностью, как эта полоска фотографической пленки, на которой мы сразу же увидели бы то, чего невозможно было увидеть на протяжении ряда тысячелетий... Настанет день, когда на Луну взойдется первый огромный пассажирский ракетный корабль пространства. Правда, сначала будет предпринят только облет вокруг Луны. Если в первый раз путешественники и не рискнут пропозвестить высадку, то она этим, несомненно, будет только отсрочена.

Достижение Луны ракетами без людей должно совершиться сравнительно скоро, а путешествия на нее в пассажирской ракете также можно ожидать не слишком через большой промежуток времен!».

Все это было сказано за 29 лет до первого «прилунения» земной ракеты и за 39 лет до высадки человека на Луне.

ПЕРВЫЕ РАЗВЕДЧИКИ ЛУНЫ

Говорят, что привычка — вторая натура. Во всяком случае, человек привыкает ко всему. Даже героические свершения при многократном повторении теряют свой первоначальный романтический облик, и событие, на самом деле необычное, кажется повседневным, заурядным.

Вспомните, как был взбудоражен мир 4 октября 1957 г., когда в космосе появилось первое искусственное тело — советский ИСЗ номер один. Какое ликование охватило весь земной шар! А сейчас запуски очередных ИСЗ считаются таким же заурядным делом, как и очередной рейс пассажирского самолета.

Это и хорошо и плохо. Хорошо — потому, что спутники и вообще космические полеты из событий сенсационных превратились в обычные дела человечества. Плохо — потому, что привычка притупляет чувство необычного, героического, что свойственно и сегодня каждому космическому полету.

Вспомним основные вехи в изучении Луны средствами космонавтики за последние полтора десятилетия. Пусть в кратком перечне фактов читатель постарается снова увидеть героические будни нашего времени — начала эры освоения космоса.

Первый полет к Луне был совершен в начале января 1959 г. К Луне направилась советская автоматическая межпланетная станция (АМС) «Луна-1». На вторые сутки полета, 4 января 1959 г., «Луна-1» прошла на расстоянии 5000 км от Луны и превратилась затем в первую искусственную планету Солнечной системы. В процессе полета были испытаны системы управления, связи и терморегулирования, получены данные о напряженности магнитного поля Земли на больших расстояниях от нашей планеты.

12 сентября 1959 г. к Луне отправилась вторая АМС «Луна-2». На этот раз космическая ракета «Луна-2» достигла поверхности Луны восточнее Моря Ясности, вблизи кратера Автолик. «Прилунение» (термин, сразу вошедший тогда в обиход) было жестким, без каких-либо средств амортизации. Тем не менее это событие всеми отмечалось как эпохальное. Впервые на Луну был доставлен аппарат, созданный земной техникой. Примечательно, что посланник Земли перенес на соседнее космическое тело вымпелы с изображением Государственного Герба Советского

Союза. Стоит вспомнить и важный научный результат, полученный «Луной-2» — аппаратура станции не зафиксировала сколь-либо заметного магнитного поля Луны.

Обратная, невидимая с Земли сторона Луны издавна интересовала землян. Что там, за краем лунного диска? Похоже ли невидимое полушарие Луны на видимое, постоянно обращенное к нам? В гипотезах не было недостатка. Кое-кто даже предполагал, что на обратной стороне Луны есть атмосфера и там обитают селениты. Казалось, проверить, кто прав, было невозможно, и в прошлом веке раздавались голоса, что тайны невидимого полушария Луны никогда не будут раскрыты.

В октябре памятного 1959 г. советская станция «Луна-3» облетела Луну и в течение 40 мин фотографировала невидимое с Земли лунное полушарие. Фотокадры были автоматически обработаны на борту станции и при сближении станции с Землей по телевизионному каналу снимки были переданы на Землю.

Невидимое стало видимым, таинственное доступным. Сразу бросилась в глаза характерная особенность новооткрытых лунных стран: на обратной стороне Луны есть только два небольших моря, названных Морем Москвы и Морем Мечты. Остальная часть обратного полушария — сплошной материк со множеством кратеров, подчас гораздо более крупных, чем те, которые видны с Земли. Благодаря успешному полету «Луны-3» удалось впервые составить карту и атлас невидимой стороны Луны. Выпущены были в продажу и школьные лунные глобусы, где, правда, около 30% поверхности Луны залесены белой бумагой. Эти лунные районы предстояло заснять в последующих экспериментах.

В июле 1965 г. к Луне направился «Зонд-3» — многоцелевая межпланетная станция, гораздо более совершенная, чем первые советские лунники. Она была снабжена новой фото-телефизионной малогабаритной аппаратурой, способной передать на Землю четкие изображения с расстояний в сотни миллионов километров. На этот раз «Зонд-3» отснял восточный сектор обратной стороны Луны общей площадью свыше 10 млн. кв. км.

Новым этапом в первых разведках Луны стала мягкая посадка на лунную поверхность, осуществленная впервые 3 февраля 1966 г. В этот день советская станция «Луна-9»

мягко опустилась на темную, покрытую застывшей лавой поверхность Океана Бурь.

После посадки «Луна-9» начала телепередачу с Луны. Помнится, как непривычно и чуть-чуть жутковато было видеть на экране земного телевизора угрюмые лунные ландшафты, близкий лунный горизонт, черное лунное небо. И это была настоящая Луна, обозреваемая автоматом, который покоился на ее поверхности.

Бросились в глаза лунные камни. Многие из людей, плохо знакомых с астрономией, решили, что это метеориты. На самом деле это были осколки лунных пород, результат разрушения лунных гор, иногда вулканические бомбы. Некоторые из лунных камней огромны, размером с автобус, а то и крупнее. Собственно, это не камни, а скалы, отколовшиеся, по-видимому, от лунных гор.

В декабре 1966 г. «Луна-13» совершила вторую в истории космонавтики мягкую посадку на Луну.

Она прилунилась примерно в 400 км от места посадки «Луны-9». Было передано на Землю пять лунных панорам (при разных условиях солнечного освещения). Кроме того, специальный прибор регистрировал перегрузку при посадке станции, что позволило судить о прочности лунного грунта. Были использованы и другие приборы, измерившие температуру и плотность поверхностного слоя Луны.

Год 1966-й оказался одним из самых памятных в первых разведках Луны. В начале апреля на окололунную эллиптическую орбиту была выведена станция «Луна-10» — первый искусственный спутник Луны. В день работы XXIII съезда КПСС с борта этого спутника были переданы на Землю звуки партийного гимна «Интернационал».

«Луна-10» активно действовала почти два месяца, передавая на Землю сведения о Луне и окололунном пространстве. По косвенным данным, полученным «Луной-10», впервые удалось узнать, что по составу лунные породы близки к базальтам. В конце августа 1966 г. у Луны появился второй искусственный спутник «Луна-11».

Еще два советских искусственных спутника Луны («Луна-14» в 1968 г. и «Луна-19» в 1971 г.) продолжили изучение окололунного пространства, формы Луны, ее гравитационного поля. Все перечисленные первые разведчики Луны либо опускались (жестко или мягко) на ее поверхность, либо становились искусственными спутниками Лу-

ны, либо, наконец, пролетали мимо нее, близко от лунной поверхности. Назревала новая, технически очень сложная задача — облет Луны с возвращением на Землю.

Главная трудность — рассчитать так траекторию аппарата, чтобы он вошел в атмосферу Земли не слишком круто и не чересчур полого. В первом случае резкое торможение в земной атмосфере приведет к тому, что аппарат сгорит, не долетев до поверхности Земли. Во втором варианте аппарат, как бы рикошетируя, «отражаясь» от атмосферы, пронесется мимо нашей планеты. Соблюсти нужный угол входа в атмосферу очень трудно, точность здесь должна быть очень высокой, и тем не менее в 1968 г. намеченная задача была успешно решена.

В середине сентября 1968 г. советская автоматическая станция «Зонд-5», облетев Луну на минимальном расстоянии в 1950 км, влетела затем обратно в атмосферу Земли, от станции отделился спускаемый аппарат, благополучно приводнившийся в Индийском океане. Тем самым впервые космический аппарат, запущенный к Луне, вернулся на Землю. Кстати сказать, внутри «Зонда-5» находились черепахи — первые живые существа, облетевшие Луну.

На протяжении двух лет (1968—1970 гг.) еще три аппарата серии «Зонд» обследовали окрестности Луны и Земли, фотографировали оба космических тела на цветную пленку с разных расстояний и после завершения экспериментов мягко опускались на поверхность Земли.

Американская лунная программа в те годы шла по стопам советской. Она началась с пролета вблизи Луны автоматической станции «Пионер-4» (март 1959 г.). Более эффективны были полеты аппаратов серии «Рейнджер» («Скиталец»). Сначала (с 1962 г.) аппараты этой серии совершали жесткие прилунения, т. е., попросту говоря, падали, как камни, на лунную поверхность. На некоторых из них за 20 мин до удара о Луну включались бортовые телевизионные камеры, которые передавали на Землю изображения стремительно приближающейся Луны. Особенно успешными были полеты аппаратов «Рейнджер» — 7, 8, 9 (с июля 1964 г. по март 1965 г.). Они передали на Землю 17 259 изображений лунной поверхности со множеством мелких деталей. На снимках было видно, что лунная поверхность усеяна мельчайшими кратерочками ударного или взрывного происхождения.

Аппараты серии «Сервейор» («Наблюдатель») были более совершенными. Первый же из них 30 мая 1966 г. совершил мягкую посадку на Луну и передал на Землю более 11 тысяч изображений лунной поверхности. Аппарат «Сервейор-3» имел механическое устройство с ковшем, который прорыл борозды глубиной до 20 см.

Еще подробнее исследовал лунный грунт в 1967 г. «Сервейор-5» — специальная аппаратура взяла пробу грунта, произвела его химический анализ и, в частности, обнаружила в грунте частицы железа. Подобные исследования провели и два последующих аппарата той же серии в конце 1967 и начале 1968 г., завершив первый этап разведки Луны.

Итоги лунной разведки, выполненной советскими и американскими космическими аппаратами, были весьма существенными. Установлено, что лунный грунт достаточно прочен и Луна, как полагали некоторые астрономы, вовсе не покрыта таким толстым слоем пыли, в котором могут «утонуть» и автоматы и космонавты. Выявлен (конечно, предварительно) химический состав поверхностных лунных пород, уточнена физическая обстановка на Луне и в ее окрестностях. Главное же, пожалуй, это получение огромного количества фотоснимков Луны с близкого расстояния. Наряду с фотографированием лунной поверхности лунные спутники использовались для изучения радиационной и метеоритной опасности в окрестностях Луны. Ныне нам хорошо известно 99% лунной поверхности и лишь совсем небольшие участки около южного полюса Луны остались неотснятыми.

Великое множество кратеров всевозможных размеров усеивает поверхность невидимого с Земли полушария Луны (см. альбом в конце книги). Восточное Море, Море Москвы, кратеры Герцшпрунг, Смолуховский и многие другие представляют собой исполинские кальдеры с несколькими концентрическими валами. Очень многие детали на обратной стороне Луны, в том числе и крупные, пока никак не названы. Первые автоматические разведчики Луны открыли человечеству огромную страну, требующую подробного исследования. Но и то полушарие Луны, которое обращено к нам и, казалось бы, хорошо известно, на самом деле таит в себе множество загадок.

В этом нас убедили первые лунные экспедиции.

Однажды, после блестяще прочитанной лекции, А. В. Луначарского спросили, сколько времени он готовился к своему выступлению. «Всю жизнь», — лаконично ответил знаменитый нарком просвещения.

Часто пишут, что американцы готовились к полету на Луну около 10 лет. Думается, что это утверждение не вполне точно. Подготовка технических средств к первой лунной экспедиции, т. е., иначе говоря, осуществление программы «Аполлон» действительно заняло десятилетие. Но этому предшествовала «вся жизнь» космонавтики, от первых фантазий до технически исполнимых проектов Циолковского, от теоретических работ Цандера, Оберта, Гомана и других основоположников звездоплавания до первых полетов советских и американских космических аппаратов и космонавтов.

Когда-то Ньютон сказал, что всеми открытиями в науке он обязан своим гениальным предшественникам, тем гигантам мысли, «на плечах» которых, по его выражению, он стоял.

Высадка первых людей на Луне — это, по словам советского космонавта К. П. Феоктистова, акт самоутверждения всего человечества, вдохновляющий всех деятелей космонавтики на дальнейшее освоение окосолнечного пространства.

Прежде чем высадиться на Луну, американцы провели ряд испытательных полетов кораблей «Аполлон» в окрестностях Земли. Ракета-носитель «Сатурн-5», выводившая корабли на космические орбиты, огромна. Ее длина равна 109 м, а начальная масса составляла 3000 т. Космические корабли «Аполлон» общей массой около 44 т были рассчитаны на трех космонавтов (рис. 21). Один из них должен был остаться на окололунной орбите, а двое других в лунной кабине совершить посадку на Луну. Кабина состояла из посадочной и взлетной ступеней, каждая из которых имела свои двигатели и топливные баки. Взлетная ступень после выполнения программы возвращалась на окололунную орбиту и состыковывалась с основным блоком. После перехода космонавтов в этот блок взлетная ступень отделялась и оставалась спутником Луны, а основной блок совершал мягкую посадку на Землю. Что касается посадочной ступени, то она оставалась на Луне.

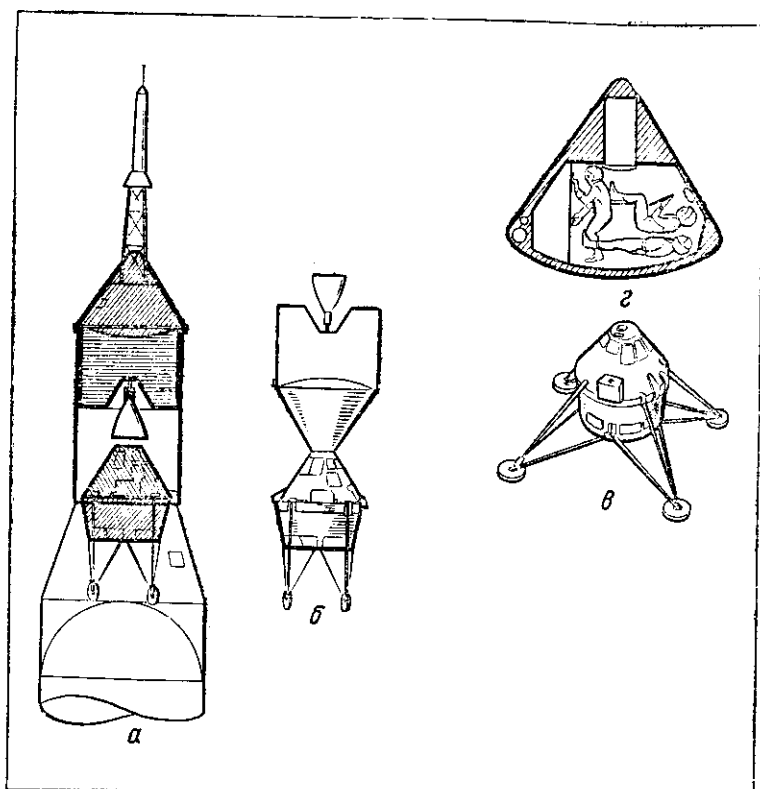


Рис. 21. Схема космического корабля Аполлон:
а — в момент старта с Земли; *б* — после переориентации отсеков на пути к Луне; *в* — лунная кабина на поверхности Луны; *г* — спускаемый аппарат во время входа в земную атмосферу.

В декабре 1968 г. «Аполлон-8» с космонавтами Ф. Борманом, Д. Ловеллом и У. Андерсом на борту впервые отправился в полет к Луне. Как и намечалось заранее, «Аполлон-8» был выведен на орбиту искусственного спутника Луны, обращавшегося вокруг нее на высоте 113 км. Космонавты впервые увидели рядом изрытый кратерами лунный ландшафт. Совершив десять оборотов вокруг Луны, «Аполлон-8» благополучно возвратился на Землю.

В мае 1969 г. «Аполлон-10» повторил полет к Луне, причем на орбите искусственного спутника Луны были прове-

дены такие сложные испытания, как отделение лунной кабины и снижение ее до высоты 15 км над лунной поверхностью. После состыковки кабины с основным блоком «Аполлон-10» благополучно приводнился в Тихом океане.

И вот, наконец, наступило долгожданное событие — на Луну в корабле «Аполлон-11» отправилась первая экспедиция. Командиром корабля был Н. Армстронг, членами экипажа Э. Олдрин и М. Коллинз.

20 июля 1969 г. «Аполлон-11» был выведен на орбиту искусственного спутника Луны с высотой около 111 км. После того как Армстронг и Олдрин перешли в лунную кабину, а Коллинз остался в главном блоке, началась самая ответственная часть операции — мягкая посадка на Луну.

При снижении лунной кабины «Орел» американские космонавты несколько раз включали тормозной двигатель и, выбирая подходящее место посадки, использовали ручное управление. Наконец, 20 июля 1969 г. в 23 ч 18 мин по гринвичскому времени Армстронг и Олдрин успешно прилунились в юго-западной части Моря Спокойствия. Здесь уместно прервать повествование и предоставить слово Н. Армстронгу — первому человеку, ступившему на Луну:

«Из лунной кабины небо казалось черным, а снаружи Луна была освещена дневным светом, и ее поверхность казалась коричневатого цвета. Структура лунной почвы мелкозернистая, почти, как у муки, но в ней есть и более крупные частицы, наподобие песка. Попадаются, конечно, и камни и осколки камней разных размеров.

При ходьбе по Луне не приходится затрачивать особых усилий. Правда, поверхностный рыхлый слой несколько препятствовал свободному передвижению — скользили ноги. Остановиться во время ходьбы сразу нельзя, можно остановиться только после одного или двух шагов, а во время скачков — после трех или четырех скачков. Наибольшая высота прыжков составляла два метра.

Хотя грунт и кажется мягким, след углублялся обычно менее, чем на сантиметр. Частицы грунта малы и легко прилипали к скафандру и к обуви».

А вот что рассказал по возвращении на Землю второй член экспедиции Э. Олдрин:

«Находясь на поверхности Луны, мы не ощущали никаких запахов ни в скафандрах, ни в гермошлемах. Вернув-

шись в кабину и сняв шлемы, мы почувствовали какой-то запах..., едкий, как запах пороха. Мы занесли в кабину довольно много лунной пыли... Запах ее мы почувствовали сразу.

Луна представляет собой весьма удобное и очень приятное место для работы. Она обладает многими преимуществами невесомости в том смысле, что на любое движение там требуется минимальная затрата сил. За время работы ни Нейл, ни я не испытывали усталости: не было желания остановиться и отдохнуть.

Технически самой трудной для меня задачей был забор проб лунного грунта, поскольку было необходимо заглублять в грунт трубки пробоотборников. Мягкий порошкообразный грунт Луны обладает удивительной сопротивляемостью уже на глубине нескольких дюймов».

Армстронг и Олдрин оставили на Луне сейсмометр, лазерно-радарный отражатель, позволивший определить расстояние Земля — Луна с точностью до метра, и собрали 22 кг образцов лунных пород. Первые лунные путешественники установили на Луне флаг США и оставили пять медалей с изображением погибших космонавтов: Ю. А. Гагарина, В. М. Комарова, В. Гриссома, Э. Уайта и Р. Чаффи.

21 июля Армстронг и Олдрин стартовали с Луны, состыковались затем с основным блоком, где оставался Коллпиз, и 24 июля 1969 г. первая лунная экспедиция благополучно вернулась на Землю.

Это событие стало такой же исторической вехой в развитии космонавтики, как запуск первого советского искусственного спутника Земли и полет первого космонавта Земли Юрия Гагарина.

За первой лунной экспедицией последовали еще пять. Небольшой объем этой книги не позволяет вдаваться в подробности. Отметим лишь кратко героическую хронику последующих событий.

Ноябрь 1969 г. К Луне на «Аполлоне-12» направляется вторая лунная экспедиция в составе космонавтов Ч. Конрада (командир корабля), А. Бина и Р. Гордона. Прилунение состоялось 20 ноября по соседству с аппаратом «Сервейер-3», за два года до этого мягко севшим на поверхность восточной части Океана Бурь. Конрад и Бин демонтировали некоторые элементы «Сервейера-3» для изучения в земных лабораториях. Они установили на Луне ряд приборов (сейсмометр, спектрометр для изучения солнечного ветра, магни-

тометр и др.), а также радиоизотопную плутониевую термоэлектрическую установку мощностью 63 *вт* — источник энергии лунных приборов. Вторая лунная экспедиция благополучно вернулась на Землю 24 ноября, передав в земные лаборатории образцы лунного грунта.

Полет «Аполлона-13» в апреле 1970 г. оказался неудачным и пришлось ограничиться облетом Луны. Новая лунная экспедиция была предпринята лишь спустя десять месяцев.

Февраль 1971 г. К Луне летит «Аполлон-14», пилотируемый А. Шепардом (командир), С. Русса и Э. Митчеллом. Лунная кабина опустилась вблизи кратера Фра Мауро в Океане Бурь. Космонавты Шепард и Митчелл дважды выходили на лунную поверхность. На своем пути они встречали огромные каменные глыбы величиной с автобус. На Луне был оставлен ряд приборов.

С каждым разом люди действовали на Луне все увереннее, а лунные прогулки становились все продолжительнее. Армстронг и Олдрин отходили от лунной кабины не более чем на 30 м. Шепард и Митчелл прошли по лунной поверхности около 3 км и провели в соседнем мире более 33 ч.

Среди доставленных ими на Землю лунных камней интересен осколок белого камня, состоящего из авортита с примесью оливина. Некоторые из камней крошились, как куски засохшей грязи. После падения на Луну взлетной ступени лунной кабины, сейсмометр зарегистрировал колебания, продолжавшиеся около полутора часов! Трудно сказать, чем вызвано это долгое «звучание» Луны. Возможно, что в лунной коре есть пустоты, вызывающие этот странный эффект.

Июль 1971 г. Лунная экспедиция в составе Д. Скотта (командир), Д. Ирвина и А. Уордена направляет «Аполлон-15» к Луне. Двое первых из трех космонавтов высаживаются у подножия лунных Апеннин. Они не только ходят пешком по Луне, но и ездят на первом пассажирском луноходе, электродвигатель которого питается от серебряно-цинковых батарей. Новая экспедиция провела на Луне более 76 ч и доставила на Землю лунные породы.

1972-й год был завершающим для программы «Аполлон». В апреле на Луну стартовал «Аполлон-16», а в декабре — «Аполлон-17». На этот раз на Луне побывали четыре американских космонавта: Д. Янг, Ч. Дьюк, Х. Шмитт и

Ю. Серпан. Они широко пользовались лунными электроходами, разъезжая на них по Луне. Велась фото- и киносъемка лунного ландшафта, изучалось строение отдельных деталей лунного рельефа. Снова встретились огромные лунные камни поперечником 10—15 м. Мешала работе космонавтов мелкая лунная пыль, проникавшая в механизмы электрохода, залепившая объектив телекамеры и смотровые стекла скафандров. У Шмидта от пыли начали протираться перчатки и стерся слой резины на ручке геологического молотка.

Полетом «Аполлона-17» завершилась программа «Аполлон». На нее была затрачена огромная сумма — 25 миллиардов долларов.

На Луне побывало 12 человек, пробывших в соседнем мире в общей сложности более 300 ч.

Сейчас еще рано подводить окончательные итоги программы «Аполлон». Еще работают оставленные на Луне приборы, еще долгие годы будут изучаться в земных лабораториях лунные образцы.

Доставленные с Луны образцы имеют возраст от 3,1 до 4,2 млрд. лет. Отсюда следует, что возраст Луны примерно равен возрасту Земли. По существу мы только приступаем к изучению этого древнего космического тела, и нас, несомненно, ожидает множество сюрпризов.

Один из американских исследователей лунного грунта У. Мильбергер недавно заявил¹:

«Мы располагаем неоценимой возможностью в течение многих лет изучать и анализировать это невероятное богатство, чтобы выяснить, что же мы в действительности знаем о Луне и что хотим еще узнать».

ЛУНОХОДЫ ПРОДОЛЖАЮТ ИССЛЕДОВАНИЕ

В середине сентября 1970 г. с орбиты искусственного спутника Земли в сторону Луны направилась советская межпланетная автоматическая станция «Луна-16». Через четверо суток после старта «Луна-16» превратилась в искусственный спутник Луны с высотой круговой орбиты около 110 км.

После ряда сложных операций станция мягко опустилась на поверхность Моря Изобилия почти точно в наме-

¹ «Земля и Вселенная», 1973, № 5, с. 30.

чепном пункте. Все это делали и предыдущие лунные автоматы. Но дальше началось необычайное.

По радиокоманде с Земли грунтозаборное устройство станции пробурило лунную поверхность, забрало образцы лунной породы и внесло драгоценное лунное вещество внутрь контейнера.

Новая серия радиокоманд — и 21 сентября 1970 г. «Луна-16» стартовала в сторону родной планеты, используя при этом посадочную ступень станции как стартовую платформу. Спустя три дня, 24 сентября, «Луна-16» благополучно приземлилась, доставив с Луны образцы лунного грунта. Так была решена принципиально новая задача — автоматическая доставка грунта на Землю.

Автомат по существу выполнил то, что сделали американские космонавты. И эта операция обошлась несравненно дешевле, чем посылка экспедиции на Луну. Она не сопровождалась риском для человеческой жизни и не возникало сложных проблем по созданию надежных систем жизнеобеспечения.

Спустя полтора года после сенсационного полета «Луны-16» другая автоматическая станция «Луна-20» в феврале 1972 г. слетала на Луну и доставила на Землю новые образцы лунного вещества из материкового района на побережье Моря Изобилия. Но между этими двумя событиями исключительно важными по себе, свершилось нечто, означившее новый этап в изучении Луны.

17 ноября 1970 г. на Луну мягко опустилась советская автоматическая станция «Луна-17», а с нее на поверхность Моря Дождей по специальному трапу, управляемая радиокomандами с Земли, выкатилась лунная колесница — первый самоходный лунный автомат «Луноход-1». Слово «луноход» в те дни также быстро вошло во всеобщее употребление и стало таким же интернациональным словом, как в 1957 г. русское слово «спутник».

«Луноход-1» — замечательная, полностью автоматизированная лунная лаборатория. Она была способна передвигаться по Луне, маневрировать, при этом вести научные исследования и сообщать о их результатах на Землю.

Внешне «Луноход-1» выглядит неуклюжим (рис. 22). На самом деле перед нами изумительное произведение техники, каждая деталь которого не является лишней, но выполняет определенную задачу с учетом работы в сложных лунных условиях.

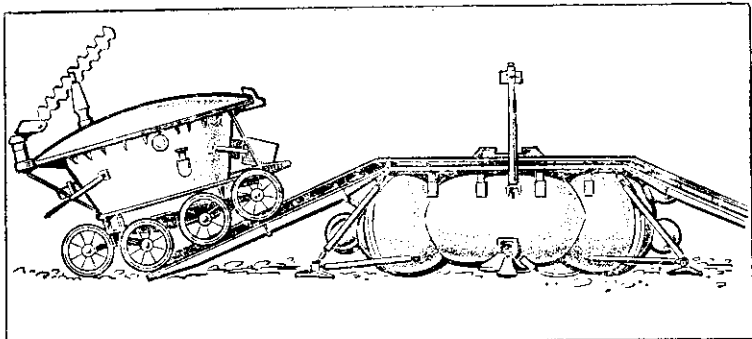


Рис. 22. Первый советский луноход.

Луноход — первый лунный электромобиль. Источником энергии его двигателя служит электрический ток аккумуляторных химических батарей, подзаряжаемых периодически от солнечных батарей. В долгую полумесячную лунную ночь луноход «засыпает», оставаясь неподвижным в той точке лунной поверхности, где его застал солнечный заход. С восходом Солнца деятельность лунохода возобновляется.

У восьмиколесного шасси лунохода все колеса сделаны ведущими и каждое имеет свой электродвигатель. Сами колеса, несмотря на свою легкость и ажурность (ведь шла борьба за каждый лишний грамм веса), достаточно прочны, чтобы нести полезный груз и перемещаться по лунному грунту. Надежность столь велика, что если бы даже из строя вышли одновременно шесть колес, два оставшихся колеса продолжали бы двигать луноход.

Установленный на шасси герметический корпус из магниевых сплавов хранит в себе радиокомплекс, системы управления, терморегулирования и электроснабжения. На внешней поверхности лунохода укреплены антенны, телефотометры и другое научное оборудование. Общий вес первого лунохода составлял 7560 н.

Из научной аппаратуры лунохода следует особо упомянуть: прибор для определения механических свойств лунного грунта; рентгеновский спектрометр, предназначенный для химического анализа лунного вещества; рентгеновский телескоп, с помощью которого исследовались далекие внегалактические источники рентгеновских лучей, и, наконец,

лазерный отражатель, созданный французскими специалистами, с помощью которого были проведены сеансы лазерной локации.

Все человечество с интересом следило за действиями первого лунохода. Поверхность в месте посадки оказалась достаточно ровной с небольшими камнями и лунками. Телевизионная аппаратура лунохода передавала изображение местности, по которой перемещался луноход, а из центра дальней космической связи ему передавались очередные радиокоманды.

Появилась новая специальность — водитель-оператор лунохода. Работа этих водителей по ряду причин была нелегкой. Но одна из трудностей характерна только для той необычной ситуации, когда автоматом управляют с Земли, с космических расстояний.

В земной обстановке скорость света (300 000 км/сек) столь велика, что практически мы считаем свет распространяющимся мгновенно. Водители лунохода впервые наглядно ощутили конечность скорости распространения света и вообще электромагнитных колебаний. На передачу радиокоманды луноходу и на получение подтверждения, что она принята, уходит около 2,6 сек. Земной «экипаж» лунохода, т. е. группа лиц, руководящих его операциями, оценивает полученную информацию и принимает решение не быстрее, чем через 2—3 сек. За это время продолжающий движение луноход может попасть в опасную ситуацию (например, очутиться на краю трещины или наехать на крупный камень). Чтобы этого не случилось, земным «водителям» лунохода надо предвидеть события и уметь, в случае опасности, сохранить в целости луноход. Все это предъявляет к водителям лунохода требования повышенной физической и психологической выносливости.

Вот что пишет по этому поводу кандидат медицинских наук Ю. Петров¹:

«Профессия оператора дистанционного управления планетным транспортным средством является принципиально новой. Поэтому сейчас можно говорить лишь о начальной стадии разработки принципов и методов отбора таких операторов.

Оператор, непосредственно связанный с подачей управляющих команд луноходу, должен обладать отличным здо-

¹ Первое путешествие лунохода. М., 1970.

ровьем, ясным мышлением, хорошей долговременной и оперативной памятью, отличаться вниманием и собранностью, уметь оценивать пространственные характеристики местности по плоскостному изображению на телеэкране, быстро и точно воспринимать и перерабатывать передаваемые сигналы.

Еще во время тренировок было замечено, что в трудных ситуациях операторы лунохода испытывают значительное эмоциональное напряжение. Пульс учащался на 30—40 ударов в минуту по сравнению с нормой. Но в дальнейшем, по мере формирования навыков управления, эмоциональное напряжение снижалось.

Как известно, чрезмерное эмоциональное напряжение отрицательно влияет на качество деятельности человека. Между тем экипаж лунохода не имеет права ошибаться. Ведь в его руках — судьба работы большого коллектива конструкторов и ученых.

Вот почему в процессе вождения самоходного аппарата по лунным трассам производилась экспресс-диагностика эмоционального напряжения командира экипажа, водителя и оператора остроуправляемой антенны. В наиболее ответственные моменты управления — во время схода лунохода по трапам и в начале вождения по телевидению — эмоциональное напряжение операторов было достаточно велико. Оно сопровождалось увеличением частоты сердечных сокращений до 130—135 ударов в минуту и задержкой дыхания на периоды 15—20 сек. Такая степень эмоционального напряжения бывает у летчиков, когда они ведут на посадку пассажирский лайнер в сложных метеорологических условиях (туман, снегопад). Если бы такое напряжение оказалось к тому же достаточно стойким, то, чтобы исключить возможность ошибок в действиях оператора, пришлось бы на время остановить движение лунохода. Однако прибегать к этому во время реального управления не пришлось».

Прибор для определения химического состава грунта имел источником рентгеновского излучения радиоактивный изотоп. Он облучал грунт рентгеновскими лучами, а специальные анализаторы исследовали отраженное излучение. По тому, как «искажал» лунный грунт отраженные им лучи, можно было судить о химическом составе грунта.

В начале октября 1971 г. «Луноход-1» завершил намеченную программу. Он тщательно обследовал лунную поверхность на площади около 80 000 м², передал на Землю более

200 панорам и свыше 20 000 пейзажей лунного ландшафта. Более чем в 500 точках трассы «Луноход-1» определил физико-механические свойства лунного грунта, а в 25 точках произвел его химический анализ.

В это время рентгеновский телескоп лунохода измерял интенсивность и положение космических источников рентгеновских лучей, а другие приборы регистрировали солнечные и галактические космические лучи.

Десять с половиной километров проехал первый луноход по лунной поверхности. Этот эксперимент показал, что автоматы могут быть не менее подвижными, чем космонавты.

Автоматы могут выполнять при этом все те же задачи, что и одаренные разумом существа. Вот что, в частности, писалось об итогах работы первого лунохода в прессе¹:

«Автоматическая экспедиция, работающая на Луне, знаменует собой начало качественно нового этапа в исследованиях космоса. Во-первых, она имеет возможность проводить измерения в различных точках поверхности, а во-вторых, луноход можно по праву назвать долговременной научной лабораторией. Она безотказно функционирует в суровых условиях космоса.

Подвижность и длительность действия лунохода во много раз повысили научную продуктивность аппаратуры. «Луноход-1» в десятки раз эффективнее по количеству и разнообразию научной информации, переданной на Землю, нежели те станции, которые использовались прежде для исследования Луны. Следовательно, применение новых более совершенных автоматических средств резко снижает «себестоимость» научных данных, добываемых нашей наукой в космосе. Это является еще одним веским подтверждением правильности той стратегической линии, которая была выбрана для реализации советской программы исследования дальних районов космического пространства.

Детальный анализ всех сведений о Луне, которые принесла новая автоматическая экспедиция, еще впереди, но уже сейчас ясно, что сделан крупный вклад в планетологию, в рентгеновскую астрономию, в механику инопланетного грунта и другие области науки о Вселенной.

В безотказной работе «Лунохода-1» воплощен творческий труд создателей первого в мире самоходного шасси, изо-

¹ Первое путешествие лунохода. М., 1970.

топной «печки», обогревавшей на протяжении лунной ночи контейнер с приборами; труд энергетиков и связистов, снабдивших автоматическую колесницу энергией и телевизионными глазами; глубокие знания специалистов по автоматическому управлению и по прочности. Металлургия и химия, электроника и машиностроение, материаловедение и приборостроение — по существу все ведущие отрасли отечественной экономики демонстрировали высочайший уровень технической зрелости и мастерства в ходе создания станции «Луна-17».

Путешествие «Лунохода-1», уже прошедшего свыше тысячи семисот метров по лунной целине, вызвало широкий резонанс на всех континентах. Центральные Комитеты братских партий, правительства социалистических и дружественных стран, государственные деятели зарубежных государств, видные специалисты и научные обозреватели единодушно отмечают новый выдающийся успех советского народа в освоении космоса.

Да, новый этапный шаг советской космонавтики достоин восхищения. Достойны восхищения те люди, мыслью и руками которых создано чудо космического века — «Луноход-1», достоин восхищения народ, который под руководством партии коммунистов в упорном труде создавал экономическую мощь страны. Нет сомнения в том, что энтузиасты отечественной космонавтики еще не раз порадуют нас осуществлением новых стартов в дальние дороги по космосу, впишут новые великолепные главы в мировую историю освоения Вселенной».

И эти слова оказались пророческими.

16 января 1973 г. советская автоматическая станция «Луна-21» доставила на окраину Моря Ясности самоходный лунный аппарат «Луноход-2». Эта вторая модель лунного электромобиля была совершеннее первой. На «Луноходе-2» работали магнитометр, астрофотометр и фотоприемник «Рубин-1», которых не было в первом эксперименте. Анализатор грунта был мощнее и совершеннее. Улучшена телевизионная аппаратура, расширены возможности перемещения лунохода.

«Луноход-2» работал на дне крупного кратера Лемонье, имеющего поперечник 55 км. Эта переходная зона «море — материк», представляет для селенологов особый интерес, так как в таких районах Луны исследования еще не проводились. За пять лунных дней «Луноход-2» проехал по

Луне 37 км, обследовав мелкие кратеры и линии разломов. Перечислим кратко некоторые предварительные итоги научной работы первых советских луноходов.

По данным «Лунохода-1» рельеф Моря Дождей схож с рельефом ранее изученных районов других морей. Это означает, что условия формирования лунной поверхности практически всюду носили общий характер. Глубина колеи от колес лунохода в разных местах была различной. Значит, этот грунт неоднороден и, судя по многим данным, имеет вулканическое происхождение.

В итоге исследований, проведенных «Луноходом-2», можно утверждать, что толщина реголита (поверхностного слоя) колеблется от 1 до 6 м. В некоторых же местах мощность реголита достигает 10 м. Несущая способность лунного грунта колебалась от $1 \cdot 10^4$ до $15 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$.

Химический анализ лунных пород показал, что они содержат, кроме прочего, 24% кремния, 8% кальция, 6% железа и около 9% алюминия. Пробы в других районах дали более низкое содержание железа (4%) и более высокое содержание алюминия до (11%).

Магнитометр показал, что сегодня Луна не обладает заметным общим магнитным полем. Но в отдельных местах лунные породы по каким-то пока неясным причинам оказались сильно намагниченными.

Кому же отдать предпочтение в изучении Луны и вообще космоса — людям или автоматам?

Вопрос поставлен неверно. Речь может и должна идти не о соперничестве людей и автоматов, а о их плодотворном содружестве. Заселение же Луны и некоторых других небесных тел осуществят, разумеется, обитатели Земли.

ЛУННЫЙ ГРУНТ В ЗЕМНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Инертность человеческой мысли иногда бывает просто поразительной. В прошлом веке накануне открытия спектрального анализа знаменитый французский философ-позитивист О. Конт категорически заявил, что человечество никогда не узнает химический состав небесных тел. В 1956 г., менее чем за год до запуска первого искусственного спутника Земли, Р. Вулли, директор Гринвичской обсерватории, убежденно утверждал, что полеты в космосе — абсолютный абсурд и люди никогда не высадятся на Луне. Можно ли после этого удивляться мнению менее авторитет-

ных скептиков, уверенных, что лунные камни никогда не попадут в земные лаборатории и единственное космическое вещество, которое возможно изучать непосредственно, это вещество метеоритов.

Факты посрамили скептиков. Сначала американские космонавты, а затем и советские автоматы доставили лунное вещество в лаборатории Земли. Сейчас продолжаются исследования лунного грунта, и пройдет немало времени, прежде чем привезенные с Луны образцы пород ее поверхностного слоя будут полностью изучены.

Кое-что из того, что ныне известно о лунном грунте, можно было предвидеть заранее. Лунный реголит должен представлять собой раздробленную породу. Ведь, кроме непрерывно продолжающейся миллиарды лет метеоритной бомбардировки, лунная поверхность разрушается и от резкого колебания температур, и от вулканических бомб, порой достигающих, по-видимому, исполинских размеров. Так, среди выбросов из кратера Коперник на снимках замечена каменная глыба поперечником в несколько километров! Мелкие же камни буквально повсюду усеивают лунную поверхность.

Было также заранее очевидно, что корпускулярное и коротковолновое излучения Солнца по-своему «перерабатывают» самый поверхностный слой Луны, вызывая (что потом подтвердилось) своеобразный темный «загар» лунного грунта.

Первые образцы, доставленные на Землю, состояли из кристаллической магматической породы, пористой и пузырчатой. Многие из образцов представляли собой смесь обломков пород из различных минералов и стекла — так называемую брекчию. Правда, по составу лунные образцы отличались от соответствующих земных пород аналогичного происхождения — в лунных породах больше железа, титана, циркония и иттрия, чем в земных. Наблюдался дефицит никеля и кобальта по сравнению с земными образцами. Но что характерно, все лунные породы носят в себе следы ударных воздействий микрометеоритов. Часто на поверхности лунных камней виднеются крошечные ямки — миниатюрные метеоритные кратеры. В целом по химическому и минералогическому составу доставленные породы больше всего напоминают земные базальты.

Доставленные на Землю лунные материалы позволили сделать следующие обобщающие выводы.

Луна за свою долгую историю пережила несколько этапов, из которых можно выделить прежде всего процесс образования первичной, богатой связанным кислородом («кислой») коры, затем возникновение гор в ходе магматических процессов, связанных с образованием анортозита (смеси анортита и оливина), и, наконец, формирование лавовых лунных морей, приведшее к образованию базальта — основной стекловидной горной породы.

Современная лунная кора, по весу составляющая десятую долю массы всей Луны, химически более однородна, чем земная. Состав пород теперешних лунных материков характерен высоким соотношением алюминия к кремнию, в морских районах алюминия меньше. Кстати сказать, и радиоактивность материковых областей Луны более высокая, чем морских.

Кратко перечислим итоги того, что удалось узнать нового о Луне, помня, конечно, при этом, что изучение лунного грунта продолжается.

По предложению академика А. П. Виноградова, руководящего советскими исследованиями лунного грунта, породы Луны можно разбить на следующие типы:

базальтовые породы — мелкозернистые и крупнокристаллические;

брекчии — результаты уплотнения мелкораздробленного материала;

спеки — спекшиеся частицы сложной ветвистой структуры, составляющие до 20% общей массы лунного грунта; стекла — остеклованные и оплакованные лунные частицы;

полевошпатные породы — белые, полукристаллические зерна, образующиеся при очень высоких температурах;

частицы железа — по-видимому, остатки железных метеоритов, иногда включенные в брекчии.

Надо заметить, что брекчии, стекла и спекы представляют собой вторичные образования, возникшие, по-видимому, при ударе метеоритов о лунную поверхность.

Когда частицы космических лучей врезаются в лунный грунт, они при взаимодействии с лунным веществом порождают гамма-излучение. Десятая доля общего гамма-излучения лунной поверхности порождается распадом радиоактивных элементов, содержащихся в лунной коре.

В лунных образцах почти нет золота, серебра, очень мало свинца, висмута, натрия, калия. Зато найдено несколько

ко новых минералов, неизвестных на Земле. Один из них (арнал-колит) содержит повышенное количество железа, магния и титана. В лунных породах особенно обильны: SiO_2 (40—45%), FeO (около 20%), Al_2O_3 (около 12%), CaO (около 10%). Всего в лунных породах определено пока содержание 70 химических элементов. Это, конечно, не означает, что на Луне отсутствуют остальные.

Средняя плотность лунных образцов невелика — $1,2 \text{ г/см}^3$, что объясняется их высокой пористостью (около 50%). По механическим свойствам, как считает А. П. Виноградов, лунный реголит похож на влажный песок. Несмотря на хорошую сплываемость, лунный грунт, однако, легко просевается через сита и легко электризуется.

Пожалуй, самыми интересными лунными пробами оказались куски ярко-оранжевого грунта, привезенные с Луны экипажем «Аполлона-17». Поначалу думали, что необычная для Луны окраска вызвана воздействием на недавно изверженные вулканические лавы паров воды. Однако лабораторные исследования показали, что воды в загадочных образцах совсем нет, а зато есть окись титана, придающая стеклянным частицам, из которых на 90% состоят образцы, ярко-оранжевую окраску.

Несмотря на все старания и надежную методику проводившихся лабораторных экспериментов, ни в одном из лунных образцов не найдено никаких остатков живых существ или хотя бы органических соединений. Соблазнительно, конечно, делать вывод, что Луна всегда была мертвой. Вполне возможно, что это так. И все-таки разумнее (снова повторяем) воздержаться пока от окончательных суждений.

Лунная одиссея только начинается. Впереди не только новые лунные экспедиции. Предстоит нечто большее — заселение Луны, превращение ее в ближайший космический филиал Земли. Кто может предугадать, что еще человек откроет в соседнем, но пока почти неизвестном мире?

ФИЛИАЛ ЗЕМЛИ

Что касается меня, то, если бы мне пришлось выбирать, жить ли на Земле или на Луне, я, не колеблясь ни одной минуты, выбрал бы Луну.

Вильям Гершель, 1780 г.
(Из письма к астроному Н. Маскелайну)

ОРБИТАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ И ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ

Автолюбитель, отправляясь в дальнее путешествие, обычно рассчитывает встретить бензоколонки и заправиться горючим в пути. При современных полетах на Луну приходится довольствоваться только тем, что взято с Земли, — в космосе пока еще нет заправочных станций. Это обстоятельство сильно осложняет космические полеты, в особенности пилотируемые. При расчете полезной нагрузки, которую нужно донести, скажем, до Луны, а затем вернуться обратно на Землю, приходится бороться буквально за каждый грамм. Современные жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) чрезвычайно прожорливы, а химическое топливо, в них употребляемое, дает нужную тягу стартовым ракетам лишь тогда, когда этого топлива очень много. Поясним сказанное конкретными примерами. Американская ракетная система «Сатурн-5», применявшаяся в лунной программе «Аполлон», состоит из трех ступеней с общей взлетной массой около 3000 т. Связка из пяти ЖРД развивала при этом тягу примерно $35 \cdot 10^6$ н. Диаметр «Сатурна-5» близок к 10 м, а его длина равна 109 м.

Итак, взлетает с Земли 3000 тонн. Сколько же тонн возвращается обратно на Землю? Иначе говоря, какова масса спускаемой на Землю кабины с космонавтами? Оказывается, она близка к 3 т. Все остальное истрачено в пути!

Если же увеличить полезную нагрузку, т. е. доставить, например, на Луну экспедицию в составе 10 человек и, кроме того, перебросить тем же рейсом на лунную поверх-

ность оборудование для долгодействующей лунной станции, то масса выводящей ракетной системы возрастет настолько, что технически такой проект сегодня окажется неосуществимым. Тем более пока что нереальными выглядят сегодня регулярные рейсы пассажирских ракет «Земля — Луна» и вообще интенсивное заселение Луны. В этом последнем великом деле много разных трудностей, но одна из них — создание внеземных заправочных станций для космических ракет — должна быть преодолена прежде всего. Без этого освоение Луны, пилотируемые полеты к Марсу и другим планетам потребуют больших затрат.

Еще первыми теоретиками звездоплавания (Циолковским, Штернфельдом, Ноордунгом и другими) было показано, что роль «бензоколонок» на пути к Луне и планетам успешно выполняют орбитальные станции (ОС). Вот почему, в частности, проблема создания вокруг Земли «эфирных поселений», как говорил Циолковский, из разнообразных ОС, есть главная, актуальнейшая задача современной космонавтики. Конечно, ОС выполняли и будут выполнять разные функции, но одна из них несомненна — заправка топливом лунных ракет.

Первой пилотируемой орбитальной станцией была станция «Салют». Космонавты Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков, В. И. Пацаев были доставлены на станцию космическим кораблем «Союз-11» в июне 1971 г. (он же служил и средством возвращения на Землю). Они успешно проработали на станции 23 дня.

Устройство станции очень сложно: на ней было около 2000 приборов, блоков и агрегатов, управление которыми велось с двадцати пультов.

Во время полета «Салюта» (станция прекратила свое существование в октябре 1971 г.) было выполнено 12 маневров, 130 операций по ориентации станции в разных режимах и около 800 сеансов связи и измерений.

За этими сухими числами надо видеть рождение нового типа космических аппаратов — пилотируемой орбитальной станции, которая может управляться и пилотами-космонавтами, и бортовыми автоматами по радиокомандам с Земли.

Человек, по-видимому, не может очень длительно (многие годы) переносить невесомость. Значит, возможны два пути — или создание искусственной тяжести на орбитальных станциях, или выведение на

околоземные орбиты «посещаемых» орбитальных станций типа «Салют», способных работать в пилотируемом и автоматическом режимах.

Конечно, слово «или» не означает то, что один вариант исключает другой. Наоборот, среди «эфирных жилищ» будут встречаться станции разного типа (рис. 23).

В 1973 г. на околоземной орбите работала пилотируемая американская ОС «Скайлаб». Первоначально она была выведена на орбиту без экипажа. Позже с помощью кораблей «Аполлон» к ней доставлялись последовательно три экипажа по три космонавта в каждом. Обратное возвращение экипажей с околоземной орбиты на Землю также осуществлялось кораблями «Аполлон».

Ни советская, ни американская ОС не были, конечно, топливозаправочными базами, но опыт их работы показал, что в будущем создание таких баз не только необходимо, но и технически реально. Конечно, заправочные станции будут гораздо крупнее и совершеннее «Салюта» и «Скайлаба». Весьма возможно, что на некоторых из них придется использовать искусственную тяжесть.

Орбитальные станции с искусственной тяжестью создать будет непросто. Вот несколько конкретных проектов. В простейшем варианте выведенная на орбиту станция разделяется на две части, соединенные длинным тросом. Эта система типа гантели приводится во вращение со скоростью, не большей 4 об/мин, и центробежная сила заменяет космонавтам тяжесть. Кстати сказать, вовсе не обязательно, чтобы искусственная тяжесть была равна земной. Вполне достаточно, чтобы она составляла, скажем, половину или даже третью или пятую ее долю.

В другом проекте из элементов кораблей на орбите собирается станция — колесо из шестигранного обода со ступицей и тремя спицами.

Еще в одном проекте орбитальная станция имеет только ступицу и три спицы (без обода). Вблизи ступицы царит

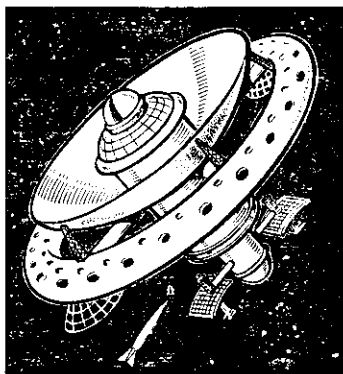


Рис. 23. Один из проектов крупной орбитальной станции.

невесомость, на внешних концах спиц — заданная проектом искусственная тяжесть.

Любопытны и перспективны надувные конструкции, которые доставляются на орбиту в «спущенном» состоянии, а в космосе надуваются газом. Сходство с автомобильными колесами тут не только внешнее. Разумеется, эти космические «колеса» будут бомбардироваться мелкими или мельчайшими метеоритами. Чтобы избежать пробоя, надувную конструкцию сделают многослойной. Вероятность же соударения с крупным метеоритом ничтожно мала.

В далеком будущем отдельные орбитальные станции возможно «срастутся» в околопланетные кольца — видимо, наиболее распространенный тип космической архитектуры. Не исключено, что когда-нибудь искусственные кольца охватят Луну, планеты, Солнце.

В освоенной человечеством Солнечной системе мыслимы, конечно, и другие искусственные конструкции самых разных форм и назначений. Представьте себе теперь странную ситуацию. Вы решили отправиться в путешествие на автобусе. Но к вашему удивлению, на каждой остановке пассажиры выходят из автобуса, автобус рассыпается на части, а вам подают новую машину.

Ситуация нелепая для земного транспорта, но, увы, пока что совершенно реальная для транспорта космического. Когда ракета-носитель выводит космический корабль на орбиту, ее ступени сгорают в атмосфере, а значит, использовать их повторно нельзя. Если мы хотим окрестности Земли заполнить «эфирными жилищами», то надо подумать и о создании многократно используемых транспортно-космических средств.

Любопытно, что в научно-фантастических повествованиях о покорении космоса ракеты-носители, как правило, вообще отсутствуют. Космические корабли ведут себя, как самолеты — где угодно садятся, когда угодно снова взлетают. У их экипажа лишь одна забота — обеспечить бесперебойную работу двигателя.

Эта, пока что фантастическая ситуация — желаемое и реальное будущее космического транспорта. Путь к нему, однако, очень нелегок. «Универсальный» космический корабль в атмосфере должен летать, как самолет, а в космосе, как космическая ракета. Необходимая в воздухе относительно малая скорость становится помехой при выходе на космическую орбиту. А ведь надо, чтобы этот пока вооб-

ражаемый «универсальный» корабль был способен маневрировать в космосе, стыковаться на орбите с ОС, мягко садиться на Землю или Луну. Как же совместить эти качества в одном аппарате?

В некоторых проектах реактивный самолет типа «летающее крыло» сочетается с укрепленной на нем орбитальной ступенью. Такое сочетание позволяет и летать в атмосфере и выходить на космические орбиты.

В другом проекте «разгонная» ступень выводит крылатую орбитальную ступень на высоту 60 км, а затем сбрасывается на парашюте. Орбитальная же крылатая ступень, возвращаясь из космического рейса, совершает горизонтальную посадку в атмосфере Земли, как самолет.

Вот, наконец, некоторые количественные данные об одном из проектируемых в США многоразовом транспортном космическом корабле (МТКК). Стартовая масса корабля 1000 т, длина 55,2 м. Первая его ступень представляет собой два возвращаемых твердотопливных блока, навешиваемых на сбрасываемый топливный бак второй ступени. Сама эта вторая ступень — собственно корабль — имеет длину 37,2 м, «сухая» масса 68 т и размах стреловидных крыльев 23,8 м. Максимальная полезная нагрузка МТКК при выводе на орбиту 29,5 т, при посадке 14,5 т. Экипаж корабля будет состоять из 3—7 человек. Система жизнеобеспечения позволит ему обходиться внутри корабля без скафандров. Первый полет этого необычного космического самолета намечен на 1979 год.

Использование ОС как топливно-заправочных баз предполагает в качестве элементарных, составных операций стыковку с кораблями, смену обслуживающего персонала ОС. Вот почему совместный экспериментальный полет «Союза» и «Аполлона» в июле 1975 г. можно рассматривать, в частности, как еще один шаг человечества на этом пути.

СРЕДСТВА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В ЛУННОМ МИРЕ

Луноходы стали первой разновидностью лунного транспорта. Советские луноходы представляют собой полностью автоматизированные средства перемещения, управляемые с Земли. У американских луноходов водителями были космонавты. В дальнейшем в ходе освоения Луны предполагается создать самые разнообразные средства перемещения,

способные действовать в условиях полного вакуума, ослабленной тяжести и резких колебаний температуры. Рассмотрим некоторые из опубликованных зарубежных проектов¹.

Прежде всего подчеркнем, что и в дальнейшем предполагается использовать в лунном мире движущиеся аппараты двух типов: автоматические самодвижущиеся лаборатории, оснащенные исследовательской аппаратурой для исследования Луны, и собственно транспортные средства, предназначенные для перемещений по Луне.

Аппараты первого типа будут постепенно совершенствоваться, насыщаясь новой аппаратурой для взятия проб и исследования лунного грунта, телевизионного обзора; телескопами, работающими во всех диапазонах от гамма-лучей до радиоволн; приемниками космических лучей, фотометрами, магнитометрами и, словом, всем тем, что даст максимальную информацию о неизвестных частях лунного мира. В дальнейшем на самоходные автоматы возложат, вероятно, перевозки разного вида грузов и это положит начало автоматическому лунному транспорту.

Из управляемых космонавтами лунных транспортных средств прежде всего следует отметить лунные летательные аппараты (ЛЛА) с радиусом действия в десятки и сотни километров. Работая на ЖРД, они помогут космонавтам вести разведку местностей, далеких от района посадки космических кораблей. Некоторые из ЛЛА, вероятно, будут иметь базой искусственные спутники Луны.

Предполагается, что технические возможности ЛЛА обеспечат им полет по баллистической траектории, «зависание» над лунной поверхностью, а главное, многократное использование, подобно земным самолетам. Кстати сказать, для лунных нужд уже сегодня разрабатываются методы навигации в обстановке лунного мира. На Луне штурман явится таким же незаменимым членом летного экипажа, как и в земной авиации.

Интересен американский проект самодвижущегося транспортного аппарата для перевозки разных грузов по лунной поверхности. Его колеса должны быть выполнены из упругих металлических колец, что позволит избавиться от рессор и повысит проходимость этого транспорта.

¹ Подробнее см. Катус Г. И. Информационные системы исследовательских аппаратов. М., 1971.

Первый лунный автомобиль, или, точнее, электромобиль с кабиной для одного космонавта, будет иметь электродвигатели, рассчитанные на двухнедельный период работы. Кабина водителя будет содержать систему жизнеобеспечения, позволяющую удалять из кабины углекислый газ и поддерживать внутри нее должные влажность и температуру. Щиток над кабиной выполняет двойную роль — предохраняет от перегрева и от метеоритных ударов.

Некоторые из лунных электромобилей используют для подробной топографической съемки лунной поверхности, во время которой экипаж будет поддерживать связь с Землей и передавать туда стереоскопические изображения лунных ландшафтов.

Усовершенствованным вариантом первых американских луноходов явится модель, рассчитанная на трех космонавтов. Ее радиус действия 1600 км, средняя скорость 10 км/ч. Электромобиль этого типа массой более 8 т сможет действовать автономно 42 земных дня.

Среди перспективных моделей лунного транспорта обращают на себя внимание самоходы с огромными надувными баллонами (рис. 24, а). Эти надувные элементы конструкции уменьшают давление аппарата на грунт и тем самым облегчают его перемещение по лунной поверхности. Основой аппарата служит цилиндрический корпус, который в то же время является полый осью надувных колес. В этой оси размещены герметически изолированные от вакуума отсеки для экипажа, аппаратуры, систем жизнеобеспечения и управления. Корпус аппарата стабилизирован, а колеса крутятся относительно него. На концах оси размещены два реактивных двигателя, обеспечивающие мягкую посадку этого вездехода на Луну. Затормаживая одно колесо относительно другого, можно маневрировать на лунной поверхности.

Еще оригинальнее самодвижущийся аппарат со сферическим «колесом»-двигателем. Эта сфера из сети металлических обручей соединена с кабиной с помощью карданных подвесов. Основной двигатель в этом лунном вездеходе, напоминающем земное «перекати-поле», ракетный (ЖРД). Он создает тягу, заставляющую вездеход катиться в нужном направлении. Другие реактивные двигатели управляют положением кабины и могут также использоваться для удержания вездехода на склоне какой-нибудь лунной горы. Есть в этом вездеходе и электрические двига-

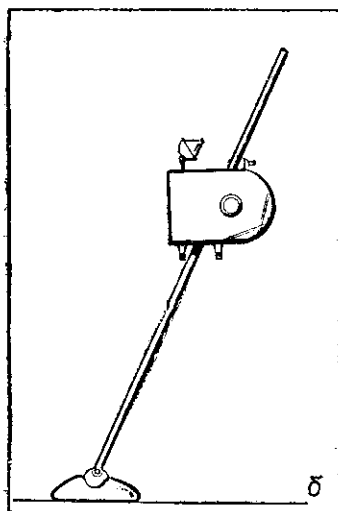
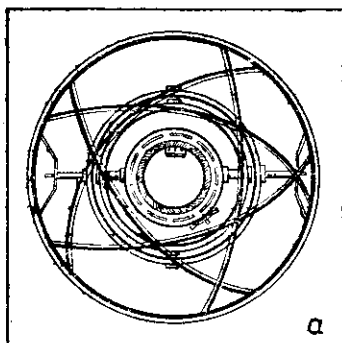


Рис. 24. Типы лунных транспортных средств:

а — самоходы с надувными баллонами; б — прыгающие лунные аппараты.

тели, управляющие карданными подвесами. Высокая маневренность и проходимость, вероятно, сделают сферические вездеходы самым популярным видом лунного транспорта.

В условиях облегченного веса выглядят перспективными и прыгающие лунные аппараты (рис. 24, б). Сам аппарат может скользить по штанге, внутри которой находится газ, сжимаемый связанным с аппаратом поршнем. Исходное положение — газ сжат и при этом поршень застопорен. Когда поршень отпустят, аппарат прыгает и при этом скользит вверх по штанге. При ударе о лунную поверхность аппарат устремляется вниз и сжимает газ, амортизирующий силу удара и подготавливающий в то же время аппарат к новому прыжку. Стабилизация при прыжках обеспечивается специальной гироскопической системой. Прыгающие аппараты, очевидно, особенно хороши там, где препятствия (крупные скалы и т. п.) мешают перемещаться иному лунному транспорту.

Проектируются одноместные и двухместные прыгающие аппараты, оснащенные приборами для изучения лунного грунта в каждой точке прилунения. В одном варианте космонавт располагается внутри кабины, в другом — на открытом кресле (но, конечно, в скафандре). Прыжки таких аппаратов могут быть достаточно длинными (20—25 м), а средняя скорость перемещения около 10 км/ч. В проекте

одной из моделей прыгающий аппарат за 1380 прыжков преодолевает 37 км.

Намечено использовать в лунном мире также тяжелые лунные прыгающие лаборатории (ЛПЛ). Общая масса такой лаборатории 3,3 т. Она предназначена для работы двух космонавтов и различных приборов в течение 10 сут. Длина одного прыжка составит 170 м, а соответствующее время баллистического полета около 15 сек. За 10 сут ЛПЛ преодолеет около 500 км (разумеется, с кратковременными остановками в местах, представляющих особый интерес). Равный ей по массе колесный луноход за 14 сут проходит около 250 км. Значит, в лунных условиях прыгающий транспорт имеет немалые преимущества и, возможно, с его помощью удастся изучить особенно труднодоступные районы Луны.

Мы рассмотрели лишь некоторые из множества проектов. Жизнь, практика, конечно, внесет в них существенные коррективы, тем более что широкое развитие лунный транспорт получит не раньше, вероятно, чем к концу текущего столетия.

МОЖНО ЛИ ЖИТЬ НА ЛУНЕ?

Положительный ответ на этот вопрос дал опыт американских космонавтов. В общей сложности они прожили на Луне около 300 ч, но это стало возможным лишь потому, что люди перенесли в соседний мир частицу земного комфорта. В лунной посадочной кабине и внутри скафандров системы жизнеобеспечения создавали условия, близкие к земным. Без спасительных футляров, роль которых выполняли кабина и скафандры, обитатели Земли не смогли бы прожить на Луне и минуты. Поэтому проблема заселения Луны есть прежде всего проблема создания таких лунных жилищ, внутри которых на неопределенно долгий срок была бы создана земноподобная обстановка. Что технически это возможно, доказывают уже разработанные проекты первых стационарных лунных жилищ.

Перед вами один из таких проектов (рис. 25). Жилое помещение скрыто под толстым слоем лунного грунта, который предохранит первых жителей Луны от ударов метеоритов и вредных космических излучений. Это помещение связано воздухопроводами с оранжереей, расположенной на поверхности Луны. Оранжерея герметически изолирована от внешнего вакуума, а внутри нее обильно облучаемые Солн-

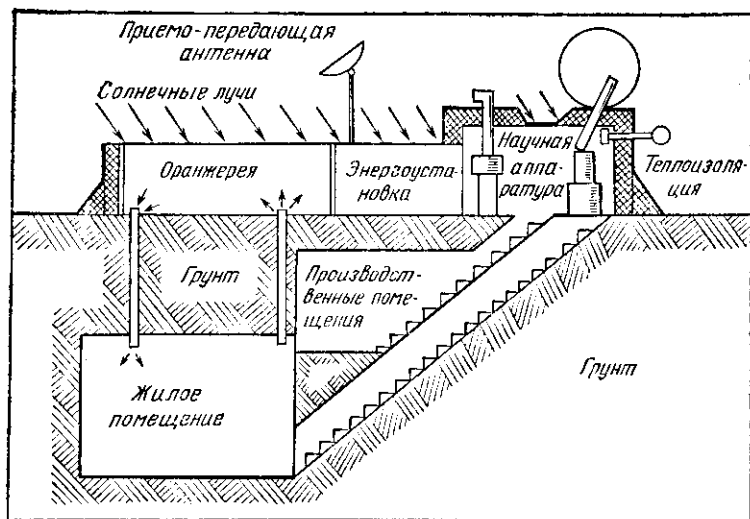


Рис. 25. Один из проектов лунного жилища.

чем прозревают растения, очищающие искусственный воздух от углекислоты и насыщающие его живительным кислородом. В лунных оранжереях можно будет выращивать различные овощи и фрукты, а при больших размерах оранжерей и злаки. Вовсе не утопичны проекты развития земледелия, или, точнее, «луноделия», на Луне. Рано или поздно жители Луны должны освободиться от привозных продуктов (что дорого и сложно) и создать на Луне свою автономную пищевую индустрию.

На поверхности Луны, кроме оранжерей, расположены энергоустановки, научная аппаратура и приемно-передающие радиоустройства, обеспечивающие радиосвязь с Землей и другими лунными поселениями. Производственные помещения, как и жилые, сделаны подземными, или, правильнее сказать, «подлунными», главным образом также по причине защиты от метеорной и радиационной опасности.

Конечно, предложенный вниманию читателя проект лунного дома является не типовым, а лишь одним из возможных. В других случаях, вероятно, придется использовать естественные лунные пещеры, а не «зарываться» в глубь Луны. Но во всех лунных жилищах есть печто

общее — изоляция от внешнего вакуума, резких колебаний температур, защита от метеоритов и опасных для жизни излучений.

Широкое развитие жилищного строительства на Луне станет возможным лишь тогда, когда будут найдены способы, позволяющие создать земноподобную обстановку внутри лунных жилищ за счет местных лунных природных ресурсов. Все наши сегодняшние знания о Луне показывают, что и эта задача в обозримом будущем может быть успешно решена.

Существует проект комплексной установки, предназначенной для производства на Луне воды, кислорода, азота и продуктов питания (рис. 26). Автор проекта — американский физик Ф. Звизки. Основным источником энергии для этой лунной установки служит Солнце. Его лучи с помощью специальных движущихся зеркал постоянно фокусируются на камере из прозрачного пластика, внутри которой находятся лунные минералы.

Большинство лунных пород имеет вулканическое происхождение и потому должны содержать в себе, по мнению Ф. Звизки, от 1 до 10% кристаллизационной воды. Когда лунные минералы будут нагреты Солнцем до температуры примерно 3000°C , вода начнет выпариваться из породы. Водяной пар прежде его конденсации можно использовать для привода турбины с целью выработки электроэнергии. Сконденсированный пар дает питьевую воду, часть которой используют и для полива лунных растений.

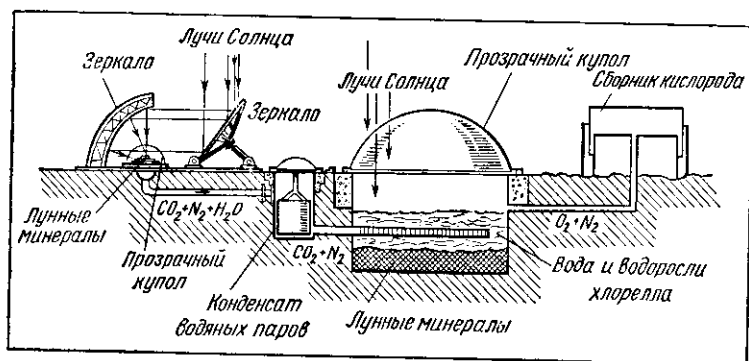


Рис. 26. Лунная комплексная установка.

Из карбоната кальция по схеме Звизки освобождается углекислый газ; при этом исходный лунный минерал разлагается на окись кальция и углекислоту. Последняя идет на питание растений (в частности, водорослей хлореллы, дающей очень высокий прирост живого вещества). В другом солнечном коллекторе при температуре порядка 4000°C карбонат кальция разлагается на кислород, углерод и окись углерода. По подсчетам Звизки, предлагаемая им установка будет давать до 300 л кислорода в час и до 25 л воды в сутки. С увеличением размеров установки увеличится и объем ее полезной продукции. Предполагается, что из некоторых лунных пород удастся получить и азот.

Из лунных минералов можно выделить и чистые металлы, заставляя эти образцы лунной породы вступать в химические реакции с кислородом или водородом. При достаточно высоких температурах в солнечных коллекторах можно не только разлагать лунные породы на составные химические элементы, но и ионизировать эти элементы, а это в свою очередь позволит создать на Луне струйно-индукционные генераторы, дающие электрический ток. Пригодятся на Луне и аккумуляторы, питающие энергоустановки лунных жилищ во время продолжительной лунной ночи.

Современные кремниевые фотоэлементы, эта основа солнечных батарей, имеют к. п. д., не превышающий 10—13%. Но при большой площади батарей (что возможно в лунных условиях) энергетический их выход может быть немалым (50 кВт с 400 м^2). С другой стороны, есть основания думать, что в ближайшие годы к. п. д. солнечных батарей удастся повысить до 25%. Это еще больше укрепит роль солнечных батарей в энергопитании лунных жилищ.

Несомненно, что развитию лунной индустрии будут способствовать и другие энергетические установки, например полупроводниковые или атомные. Словом, не видно принципиальных преград на пути широкого развития лунной энергетики.

Вполне возможно, что сырьевые запасы Луны очень велики. В марте 1971 г. детекторы понов, установленные на Луне экипажами «Аполлона-12» и «Аполлона-14», зарегистрировали всплеск, который, возможно, объясняется выбросом паров воды из лунного гейзера. В пользу этого предположения говорит и то, что регистрация всплеска сов-

пала по времени с сейсмическими колебаниями. Правда, многие полагают, что вся эта история связана с выбросом отходов из космического корабля «Аполлон».

На Луне, быть может, существуют большие запасы льда в скрытых реголитом слоях вечной мерзлоты — ведь Луна когда-то могла быть богата водой.

Хотя почти во всех лунных образцах, доставленных в земные лаборатории, не нашли даже признаков кристаллизационной воды, это не означает, что все лунные породы столь же обезвожены.

Зато при нагреве образцов лунной породы до 1000°C удалось выделить из них кислород. Судя по этим земным экспериментам, в 20 кг лунной породы содержится такое количество кислорода, которое достаточно для дыхания одного космонавта в течение суток.

Если нефть имеет неорганическое происхождение, то есть шансы встретить нефть и на Луне. Иначе запасы нефти на Луне могли бы образоваться лишь в том случае, если Луна когда-то обладала биосферой, что сегодня выглядит по меньшей мере сомнительным. Самыми надежными энергетическими установками на Луне станут скорее всего солнечные и атомные, хотя попытаются, конечно, использовать все возможные энергетические ресурсы Луны, включая вулканическое тепло.

Запасы вещества на Луне столь велики, что нужда в привозе вещества с Земли, конечно, не возникнет. Вся проблема в том, как из лунных пород добывать не только строительный материал для лунных жилищ, но и все полезные химические вещества, обеспечивающие успешную работу лунных поселений. И теория и практика (непосредственное исследование Луны в последние годы) вселяют в нас оптимистические надежды. Луна может быть освоена и заселена человеком. Будущая лунная индустрия обеспечит не только нормальную жизнь лунным поселениям, но и послужит основой для бурного развития науки в лунном мире.

ЛУННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Информация об окружающем нас мире — одно из главных богатств человечества. Без дальнейшего роста знаний немислим прогресс земной цивилизации, науки и техники. Луна, этот соседний безжизненный и суровый мир, может в будущем стать не только новой сырьевой базой челове-

чества, но и очень важным плацдармом для дальнейшего наступления науки на тайны природы.

Прежде всего отметим, что Луна — отличное место для астрономических исследований. Недаром еще в конце позапрошлого века знаменитый английский астроном Вильям Гершель в письме к своему коллеге заявил, что хотел бы жить и работать на Луне. В те времена это была шутка, сказанная с досады. Дело в том, что земная атмосфера препятствует применению в телескопах очень больших увеличений. Каждый, наблюдавший космические тела в телескоп, хорошо знает, что, чем больше увеличение, тем заметнее движение воздуха, его неоднородности и струи. Хотя в современных оптических телескопах можно в принципе применять увеличения в тысячи и десятки тысяч раз, на практике максимальное увеличение не превышает 600—700 раз. При больших увеличениях изображение становится расплывчатым, «струящимся» и тонкие детали на нем неразличимы.

На Луне такая проблема сведена к минимуму. В условиях вакуума можно применять любые увеличения, а существенно меньшая тяжесть в лунном мире позволит строить телескопы гораздо больших размеров, чем на Земле. Это, кстати, относится не только к рефракторам и рефлекторам, но и к радиотелескопам.

Как известно, земная атмосфера задерживает, как это ни парадоксально, почти все излучения, приходящие к нам из космоса. Мы наблюдаем Вселенную сквозь два «окна» в окружающем нас воздушном фильтре. Одно окно «оптическое» (длины волн от 290 нм до 1 мкм), другое — «радиокно» (длины волн от нескольких миллиметров до 30 м). Все остальные излучения до поверхности Земли не доходят.

На лунных обсерваториях можно беспрепятственно изучать весь спектр электромагнитных колебаний — от гамма-лучей до сверхдлинных радиоволн. Кроме того, станут доступными для непосредственного изучения первичные космические лучи (потoki быстрых протонов, альфа-частиц и ядер более тяжелых элементов), которые, взаимодействуя с земной атмосферой, преобразуются в мезоны и другие частицы и поэтому в «чистом» виде до земного наблюдателя не доходят.

Есть, конечно, на Луне и свои трудности, подчас немалые. Таковы, например, резкие колебания температуры в

течение лунных суток, разрушающее действие на приборы микрометеоритов и коротковолнового излучения, постоянная забота о системах жизнеобеспечения для исследователей и др. Но все эти неудобства вполне окупятся научными открытиями, которые будут сделаны на физических и астрономических обсерваториях Луны. Особенно больших успехов следует ожидать в таких областях естествознания, как радиоастрономия, рентгеновская астрономия и физика элементарных частиц.

Солнце еще долго останется объектом чисто астрофизических исследований (хотя и проектируется посылка автоматических зондов в ближайшую окрестность Солнца). С Луны легко доступны для наблюдений солнечная корона и другие внешние оболочки Солнца, всевозможные проявления его активности. Лунная «служба Солнца» приобретет немалое практическое значение не только потому, что почти все явления на Земле связаны с Солнцем и с колебаниями его активности, но и потому, что прогнозы солнечных вспышек (сверхмощных взрывов в атмосфере Солнца), особенно опасных для космонавтов и обитателей Луны, помогут своевременно защититься от их вредоносного действия.

В земных условиях получение вакуума сопряжено с немалыми трудностями. Для лунных физиков вакуум — среда их обитания, от которой надо изолировать себя, но которую легко использовать для различных физических экспериментов. Среди прочего получит дальнейшее развитие и такая актуальная область науки, как физика твердого тела. Только в последние годы стало ясным, что в условиях космоса (вакуум, сверхнизкие температуры, радиационное облучение) природные материалы приобретают совершенно неожиданные свойства. Эксперименты в лунных лабораториях помогут понять процессы, происходящие при этом в твердых телах, и использовать эти знания для получения материалов с требуемыми свойствами, что будет способствовать развитию и лунной и земной индустрии.

Геологические и геохимические исследования на Луне имеют двоякий смысл. Во-первых, они выяснят, какими полезными ископаемыми богата Луна, и, во-вторых, каким образом происходило формирование Луны как космического тела. Последнее важно для понимания прошлого и нашей Земли и всей Солнечной системы.

В ходе геологических изысканий лунным геологам предстоит особое внимание уделять тем лунным породам, кото-

рыс могли бы послужить сырьем для ракетного топлива. Успех в этом деле означал бы революцию в транспортных связях лунных поселений с Землей. Не менее важная задача для лунных геологов — найти сырье для систем жизнеобеспечения и для развития производства на Луне. Полная автономия (в смысле самообеспечения) лунных поселений — вот основная цель, достижение которой будут отданы усилия первых покорителей Луны.

Своеобразной отраслью «лунной» науки станет «Служба Земли». Под этим термином понимаются прежде всего регулярные наблюдения с Луны земной атмосферы, происходящих в ней процессов и изучение глобальных изменений в биосфере Земли, вызванных техникой. Мы еще очень плохо умеем предсказывать погоду. Наблюдения с Луны помогут улучшить синоптические прогнозы, что имеет большое практическое значение. А от предсказаний погоды человечество перейдет постепенно и к управлению погодой и климатом.

Мы привели лишь некоторые примеры, показывающие, зачем нужны научные лаборатории на Луне¹. Несомненно, что в ходе освоения Луны выявятся и новые непредвиденные направления «лунной» науки и особые черты развития лунной техники, которые заранее предсказать невозможно. Одно бесспорно — со временем Луна станет промежуточным космодромом для дальних полетов по Солнечной системе. Этому этапу в освоении Луны будет, конечно, предшествовать создание вокруг Луны множества искусственных спутников и орбитальных станций. Среди них совершенно необходимыми станут спутники связи — ведь на Луне нет ионосферы и радиопередачи на большие расстояния могут вестись или через систему радиорелейных станций, расположенных на поверхности Луны, или «через космос». Без этих средств радиус действия лунных передатчиков (для приема на Луне) очень ограничен. Даже с высочайших на Луне гор Лейбница радиус прямой видимости равен 180 км. Сказанное о радиосвязи, разумеется, остается в силе и для лунного телевидения.

Первые постоянно работающие лунные базы, появятся, вероятно, еще в текущем столетии. Так начнется заселение Луны. Какой же станет Луна через сотни, тысячи лет?

¹ Подробнее см. Минин С. Н., Улубеков А. Т. Земля — Космос — Луна. М., 1972, и Варваров Н. А. Седьмой континент. М., 1973.

БУДУЩЕЕ ЛУНЫ

Изучение Луны средствами космонавтики ведут пока два государства — Советский Союз и Соединенные Штаты Америки. Несомненно, однако, что в будущем в освоении Луны рано или поздно примут участие и другие страны, в первую очередь те, которые уже ныне вошли в «Космический клуб» и ведут космонавтические исследования. В правовом отношении создается положение, подобное тому, которое давно уже существует при освоении некоторых земных территорий, например Антарктиды. Пресловутый вопрос, «кому принадлежит Луна?», оживленно обсуждавшийся лет пятнадцать назад, сегодня получил ответ в форме международных соглашений, регулирующих правовые проблемы освоения космоса.

Еще весной 1966 г. министр иностранных дел СССР А. А. Громыко в письме, адресованном генеральному секретарю ООН У Тану, в частности, писал¹:

«Освоение Луны и других небесных тел поднимает, однако, не только технические и научные проблемы, но также и вопрос о том, в каком направлении и на какой основе будет осуществляться деятельность государств в этой области. Этот вопрос имеет исключительно важное значение для всех государств.

Советская программа изучения Луны и других небесных тел поставлена исключительно на службу науки. Советское правительство считает, что освоение Луны и других небесных тел должно осуществляться исключительно в интересах мира и прогресса, на благо всего человечества. Ни одно из государств не вправе рассматривать свои достижения в этой области как основу для притязаний на владение Луной и другими небесными телами или использовать эти достижения для деятельности, направленной против других государств.

По мнению Советского правительства, в настоящее время назрела необходимость приступить к разработке международно-правовых норм, в соответствии с которыми государства осуществляли бы практические мероприятия по освоению Луны и других небесных тел, и прежде всего принять меры для запрещения использования Луны и других небесных тел в военных целях.

¹ «Правда» от 1 июня 1966 г.

Советский Союз, как известно, последовательно борется за заключение соглашения о всеобщем и полном разоружении, за ограничение гонки вооружений и разрядку международной напряженности. Запрещение использования Луны и других небесных тел в военных целях явилось бы важным шагом в этом направлении, имеющим целью обеспечить мир на Земле и безопасность народов.

Вместе с тем запрещение военного использования Луны и других небесных тел и создание прочной международно-правовой основы, на которой государства осуществляли бы практические мероприятия по их освоению, содействовало бы налаживанию широкого международного сотрудничества в различных областях исследования и использования Луны и других небесных тел, а тем самым развитию взаимопонимания и укреплению дружественных отношений между государствами и народами. Только в таких формах мыслимо будущее освоение космоса.

Освоение Луны пойдет тем быстрее, чем большее число стран будет вносить свой вклад в соответствующие исследования и эксперименты. Это означает, что для всех государств должны быть открыты равные возможности. Причем они должны осуществлять свою деятельность с должным учетом соответствующих интересов других государств. Именно за такое сотрудничество неизменно выступает Советский Союз, который всегда рассматривал и рассматривает свои успехи в области космических исследований как достижения не только советского народа, но и всего человечества.

Стремясь поставить достижения науки и техники в деле освоения Луны и других небесных тел на службу мира и прогресса и создать условия, при которых все государства могли бы пользоваться практическими результатами исследований и вносить свой вклад в эти исследования, правительство Советского Союза предлагает заключить международное соглашение, в основу которого можно было бы положить следующие принципы деятельности государств по исследованию и освоению Луны и других небесных тел:

1. Луна и другие небесные тела открыты для исследования и использования всеми государствами без какой бы то ни было дискриминации. Все государства пользуются свободой научного исследования Луны и других небесных тел на равных основаниях и в соответствии с основными принципами международного права.

2. Луна и другие небесные тела должны использоваться всеми государствами исключительно в мирных целях. На Луне и на других небесных телах не должны создаваться какие-либо военные базы и установки, в том числе установки ядерного и другого оружия массового уничтожения любых видов.

3. Исследование и использование Луны и других небесных тел осуществляется на благо и в интересах всего человечества; они не могут быть объектом присвоения или каких-либо территориальных притязаний.

4. При исследовании Луны и других небесных тел государства руководствуются принципами сотрудничества и взаимной помощи и осуществляют свою деятельность с должным учетом соответствующих интересов других государств в целях поддержания международного мира и безопасности».

В итоге этой мирной инициативы Советского Союза в январе 1967 г. между СССР и США был подписан договор «О принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела». Основой договора стали предложения, сформулированные в письме А. А. Громыко У Тану. В частности, в ст. IV договора особо подчеркивалось, что Луна и другие небесные тела должны использоваться исключительно в мирных целях, и создание на них военных баз, проведение военных маневров и испытаний любых типов оружия категорически запрещаются. В другой статье договора говорилось, что все станции, установки, оборудование и космические корабли на Луне открыты для представителей всех государств, участвующих в освоении лунного мира.

Трудно переоценить значение этого договора. Он открывает перед человечеством практически ничем не ограниченные перспективы мирного освоения Луны, создание на лунной поверхности международных поселений и научных станций. Не военное противоборство, а мирное сотрудничество сделается основой трудовой деятельности человечества на Луне.

Сейчас трудно строить конкретные прогнозы о далеком будущем Луны. Несомненно, что в этом соседнем мире появятся многочисленные поселения землян, лунные города и поселки со своеобразной «архитектурой» жилищ. Луна покроется научными станциями, лабораториями, техническими установками. По лунной поверхности будут катиться,

ползать и скакать различные транспортные средства. Разовьется лунная ракетная бескрылая авиация. Луна обогатится свитой из множества спутников и орбитальных станций. Все это придаст ей некоторое сходство с Землей. Но чтобы стать подлинным филиалом Земли, Луна должна обрести искусственную атмосферу. Возможно ли технически такое преобразование лунного мира?

Как уже говорилось, по критерию Джинса, газ удерживается планетой на неопределенно долгое время, если средняя квадратичная скорость его молекул меньше одной пятой критической скорости для данной планеты. В отношении Луны критерий Джинса утверждает, что современная Луна могла бы иметь стабильную атмосферу из углекислого газа и более тяжелых газов (например, криптона и ксенона). Если в будущем удастся искусственно активизировать вулканические процессы на Луне, то в принципе возможно создать вокруг Луны «углекислую атмосферу».

Конечно, такая искусственная лунная атмосфера была бы удушливой, не пригодной для дыхания. Но она сгладила бы температурные контрасты на Луне и при достаточной плотности предохранила бы обитателей Луны и их жилища от ударов микрометеоритов.

В конце концов с помощью хлореллы или других столь же активных «выделителей» кислорода можно было бы насытить лунную атмосферу кислородом, а ее углекислый газ пошел бы на процессы фотосинтеза. К сожалению, кислородная земноподобная атмосфера Луны не была бы стабильной. Но при достаточном пополнении ее кислородом можно в принципе обеспечить динамическое равновесие, когда количество рассеиваемого в космос кислорода будет равно количеству кислорода, пополняющего лунную атмосферу за счет жизнедеятельности лунных растений.

Конечно, подобного рода проекты, хотя в принципе технически и осуществимые, выглядят сегодня просто фантастическими. Но они не более фантастичны, чем, скажем, проект искусственного уменьшения лунных суток за счет выброса реактивных струй сверхмощными двигателями, установленными на лунном экваторе. Авторы этого проекта не смущает то обстоятельство, что для «раскручивания» нашего спутника (чтобы сделать лунные сутки равными земным) потребуется тысячи лет. Они справедливо замечают, что в «перспективе столетий в распоряжении у человека окажутся более эффективные формы энергии, чем совре-

менные (например, термоядерная, аннигиляционная), и поставленная задача не покажется столь уж бесцельной»¹.

Если и на самом деле когда-нибудь вокруг Луны возникнет искусственная кислородно-азотная атмосфера, а лунные сутки сократятся до 24 ч, Луна и впрямь превратится в филиал Земли, уменьшенное подобие нашей планеты. При этом, однако, на Луне появятся и чисто «земные» недостатки (трудности посадки космических аппаратов в атмосфере, отсутствие вакуума, удобного для физиков, невозможность применения больших увеличений в телескопах и т. д.). Что лучше, полезнее для будущего человечества — земноподобная Луна или мир, открытый всем космическим воздействиям, сказать трудно. Предоставим нашим потомкам решать эту проблему, если она возникнет.

Нам же предстоит продолжить космонавтические исследования Луны и попытаться создать на лунной поверхности первые постоянные научные базы. Такие задачи вполне по силам современному человечеству.

Литература о Луне и ее наблюдениях

- Болдуин Р. Что мы знаем о Луне? М., 1967.
Варваров Н. А. Седьмой континент. М., 1973.
Вулканизм и тектоника Луны. М., 1974.
Зигель Ф. Ю. Сокровища звездного неба (путеводитель по созвездиям и Луне). М., 1976.
Карта Луны. М., 1967.
Катыс Г. П. Информационные системы исследовательских аппаратов. М., 1971.
Копал З. Луна — наш ближайший небесный сосед. М., 1963.
Куликов К. А. Первые космонавты на Луне. М., 1965.
Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. М., 1971.
Луна. Ч. 1. Итоги науки и техники. Серия «Исследования космического пространства», т. 5. М., 1973.
Минчин С. Н., Улубеков А. Т. Земля — Космос — Луна. М., 1972.
Проблемы геологии Луны. М., 1969.
Современные представления о Луне. М., 1972.
Сытинская Н. Н. Луна и ее наблюдения. М., 1956.
Сытинская Н. Н. Природа Луны. М., 1959.
Фотокарта видимого полушария Луны. М., 1967.
Хабаков А. В. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны. М., 1949.

¹ Минчин С. Н., Улубеков А. Т. Земля — Космос — Луна. М., 1972, с. 231, 232.

Что и как наблюдать на Луне

Подробные инструкции по наблюдениям Луны можно найти в «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского и постоянной части «Астрономического календаря». Здесь мы ограничимся лишь краткими указаниями (см. рис. 13 и вклейку).

Для знакомства с главными лунными морями оптические инструменты не требуются — их легко различает невооруженный глаз. В бинокль, особенно призматический, хорошо видны все лунные моря, а также крупнейшие из кратеров и горных цепей. Хорошо различимы светлые лучи, расходящиеся от кратера Тихо. Другие кратеры, окруженные ореолом светлых лучей, выглядят в бинокль яркими светлыми точками.

Подробное изучение лунных деталей можно осуществить лишь с помощью телескопов, в частности школьных рефракторов с диаметром объектива 60 мм и 80 мм или школьного меннскового телескопа. Пригодны для этой цели и другие оптические инструменты типа телескопов (например, биноклярные трубы). В телескопы больших размеров, имеющих на учебных и народных обсерваториях, топографию Луны можно изучить подробно.

Следует заметить, что лунные детали особенно хорошо различимы вблизи терминатора (границы светлой и темной части диска Луны). Самое неудачное время для изучения лунного рельефа — полнолуние, когда лунные горы и кратеры почти не отбрасывают тени. Иногда удается наблюдать Луну днем, но в этом случае яркое свечение дневного неба вуалирует многие лунные детали. Далее мы опишем вид Луны в разных фазах от новолуния до полнолуния, обращая внимание лишь на главнейшие наиболее интересные детали. Остальные объекты можно отождествить по карте Луны и каталогу лунных деталей. В качестве масштаба, позволяющего судить о размерах лунных образований, можно взять кратер Коперник, поперечник которого равен 90 км.

Начинать изучение лунной топографии можно со второго дня после новолуния. В это время Луна в виде узкого серпа хорошо видна на фоне вечерней зари. Из лунных морей можно различить вблизи лимба (края лунного диска) Море Смита, Краевое и Южное Море. Обращает на себя внимание огромный кратер Гаусс (диаметр 133 км) и меньшие кратеры Сенека, Плутарх, Непер. Любопытен кратер Кестнер с темным дном — черта, характерная для некоторых, преимущественно крупных кратеров.

На третий день после новолуния терминатор проходит по поверхности Моря Кризисов, где хорошо различимы береговые хребты и валы, покрывающие поверхность моря. Вблизи южного полюса Луны выделяется освещенная Солнцем горная цепь Лейбница, некоторые из вершин которой выше Эвереста (Джомолунгму). Из кратеров примечательны Лемонье (где работал советский «Луноход-2»), Венделлин и Клеомед с их полигональными валами, Эндимион с темным дном и огромные кратеры Фурнерий и Петавий.

На четвертый день Море Кризисов видно целиком. Это типичное кратерное море, по природе сходное с кратерами, имеющими темное дно. В узкой части «перешейка» между Морями Кризисов и Спокойствия виден очень яркий кратер Прокл, окруженный венцом свет-

лых лучей. На частично видимой поверхности Моря Изобилия можно попытаться различить загадочные кратеры — близнецы Мессье, подверженные не вполне понятным изменениям (их диаметр близок к 10 км). Из крупных кратеров хорошо различимы Фабриций, Мещий и Рейт. От последнего на 350 км тянется широкая долина Рейта — один из самых крупных тектонических разломов на Луне.

На пятый день после новолуния появляется тройка кратеров Феофил, Кирилл, Катарина, валы которых перекрывают друг друга, что свидетельствует о разном возрасте этих крупных образований (диаметр Феофила 105 км). Немного западнее Феофила у южной оконечности Моря Спокойствия на его поверхности видны следы кратера — фантома Торричелли. Из крупных кратеров обращают на себя внимание Посидоний, Лемонье и Витрувий, входящие в состав лунной горной цепи Тавра.

Весьма эффектно выглядит Луна на шестой день от новолуния. Терминатор проходит через середину Моря Ясности, на поверхности которого видно много крупных и длинных валов. Вблизи терминатора видна древняя горная область — лунный Алтай, бывший когда-то берегом исчезнувшего ныне лунного моря. Хорошо видны многие крупные кратеры (Геркулес, Жансен, Плиний и др.), а из небольших кратеров на поверхности Моря Ясности стоит разыскать знаменитый кратер Линней (диаметр 10 км), подверженный, как и кратеры-близнецы Мессье, загадочным изменениям.

Седьмой день после новолуния соответствует фазе Луны, именуемой первой четвертью. В этот день частично появляется мощная горная цепь, окаймляющая Море Дождей — лунные Апеннины и Альпы. Они тянутся на многие сотни километров и некоторые из вершин Апеннин вздымаются над поверхностью Моря Дождей на высоту около 5 км. Альпы менее высоки, чем Апеннины, и эту горную цепь пререзает глубокая и широкая Альпийская долина. Другой тектонический разлом — трещина, находящаяся вблизи кратера Тристанкер. Вблизи этой огромной трещины Гигин, пересекающая небольшой кратер того же названия. Вблизи середины терминатора выделяются исполинские кратеры Альбатегний и Гиппарх со множеством паразитных кратеров на своих валах. Хорошо видны также и другие крупные кратеры, из которых в районе Альп особенно заметны Аристотель и Евдокс.

Спустя день после первой четверти появляется тройка крупных кратеров — Птолемей, Альфонс и Арзахель. Первый из них имеет поперечник 157 км и в отдельных точках его вал поднимается над ровным дном на 2,3 км. Центральная горка Альфонса — действующий лунный вулкан, как это впервые в 1958 г. доказали наблюдения Н. А. Козырева и В. И. Езерского.

Над поверхностью Моря Дождей вблизи Апеннин возвышается тройка крупных кратеров — Архимед (диаметр 73 км), Аристилл, Автолук. Между ними находится место жесткого прилунения «Луны-2» — первой автоматической станции, достигшей Луны в 1959 г. На северном берегу Моря Дождей обращает на себя внимание огромный кратер Платон (диаметр 100 км), высота вала которого близка к 2 км. На дне Платона некоторые наблюдатели замечали изменчивые по форме, цвету и положению детали, природа которых до сих пор остается неясной.

Южнее Платона на поверхности Моря Дождей видна одинокая гора Питон, а поблизости от Платона — горы Пикко и Тенериф.

Когда Луна достигает «возраста» девять-десять дней, становится видимым во всей своей красе кратер Коперник, один из самых молодых и отлично сохранившихся лунных кратеров. Венец светлых лучей, его окружающих, по-видимому, один из признаков молодости лунных кольцевых гор. Высота вала Коперника в некоторых местах достигает 3,7 км. Столь же хорошо сохранился и уступающий Копернику в размерах кратер Эратосфен. Между этими двумя кратерами можно заметить полуразрушенный древний кратер Стадий.

В южной части Луны глазам наблюдателя предстает обширная, испещренная кратерами горная страна. Здесь виден кратер Тихо, светлые лучи которого тянутся на тысячи километров. Кратер Клавий — один из крупнейших на Луне: его поперечник превосходит 200 км. Немногом меньше Лонгмонтан — кратер с очень сложным, усеянным паразитными кратерами валом.

На побережье Моря Облаков от кратера Гезиод отходит прямолинейная и очень длинная трещина. Правее кратера Пурбах заметно другое очень любопытное тектоническое образование — Прямая стена. Это сброс, имеющий среднюю высоту около 300 м и тянущийся в длину более чем на 100 км. И еще одна достопримечательность — кратер Ньютон, расположенный почти у южного полюса Луны. Это самый глубокий кратер на Луне — его вал возвышается над уровнем дна на 9 км!

На одиннадцатый-двенадцатый день после новолуния появляется кратер Кеплер — уменьшенное подобие Коперника, также окруженный венцом светлых лучей. На севере очень эффектно выглядит Залив Радуги — древний исполинский кратер, полупогруженный в Море дождей. Диаметр этого бывшего кратера близок к 300 км. Два конца его вала называются мысами Гераклида (высота 1,3 км) и Лапласа (высота 2,6 км).

Кратер Аристарх — самое яркое образование на Луне (его диаметр 50 км). Рядом с ним находится его двойник — кратер Геродот, а севернее их — знаменитая изломанная долина Шретера. Эта область на Луне, по-видимому, наиболее вулканически активна.

На юге вблизи терминатора видно уникальное образование — столовая гора Варгентин. Это пример немногочисленных на Луне кратеров, наполненных до краев затвердевшей лавой.

Перед полнолунием, т. е. на 13—14 день после новолуния, на краю лунного диска появляются огромные кратеры О. Струве, Риччиоли, Гримальди, Дарвин, Шиккард. По существу это небольшие кратерные моря с темным дном. Первый из них — крупнейший кратер, видимый с Земли: его поперечник равен 255 км. Среди других «рекордсменов» — трещина Биргий, находящаяся вблизи кратера Дарвин. Длина этого разлома 525 км.

После полнолуния Луна начинает убывать и прежде знакомые местности при ином освещении обнаруживают новые, невидимые прежде детали. Поэтому имеет смысл изучать топографию Луны не только между новолунием и полнолунием, но во всякое время, когда на небе видна Луна.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВСЕ ПУТИ ВЕДУТ К ЛУНЕ

3

НАШ СПУТНИК

6

Первое знакомство

6

Движения Луны

12

Ночное светило

15

Облака Кордылевского

21

Луна среди лун

24

Солнечные и лунные затмения

29

Немного о приливах

33

Откуда взялась Луна?

39

ПЕЙЗАЖИ СОСЕДНЕГО МИРА

46

Из истории селенографии

46

Формы лунного рельефа

53

Вулканизм или метеориты?

64

Начала селенологии

69

Мертва ли Луна?

72

Загадки лунных недр

74

НАЧАЛО ЛУННОЙ ОДИССЕИ

77

Фантазии и проекты прошлого

77

Первые разведчики Луны

82

По Луне шагают люди

87

Луноходы продолжают исследование

92

Лунный грунт в земных лабораториях

99

ФИЛИАЛ ЗЕМЛИ

103

Орбитальные станции и освоение Луны

103

Средства перемещения в лунном мире

107

Можно ли жить на Луне?

111

Лунные лаборатории

115

Будущее Луны

119

Литература о Луне и ее наблюдениях

123

Что и как наблюдать на Луне

124

ФЕЛИКС ЮРЬЕВИЧ ЗИГЕЛЬ

ЛУННЫЕ ГОРИЗОНТЫ

Редактор *Л. Л. Величко*

Редактор карт *С. Г. Тютюнник*

Художники *А. И. Чураков* и *М. М. Суворов*

Художественный редактор *Т. А. Алябьева*

Технический редактор *И. В. Квасницкая*

Корректоры *О. С. Захарова,*

Р. Б. Штутман



Сдано в набор 24/I 1976 г. Подписано к печати 4/X 1976 г. 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 1. Печ. л. 4+ вкл. 0,5. Условн. л. 6,72+ вкл. 0,84. Уч.-изд. л. 6,87+ вкл. 1,07. Тираж 100 тыс. экз. А 05761.



Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Минск, Красная, 23. Заказ № 2991.

Цена 35 коп.